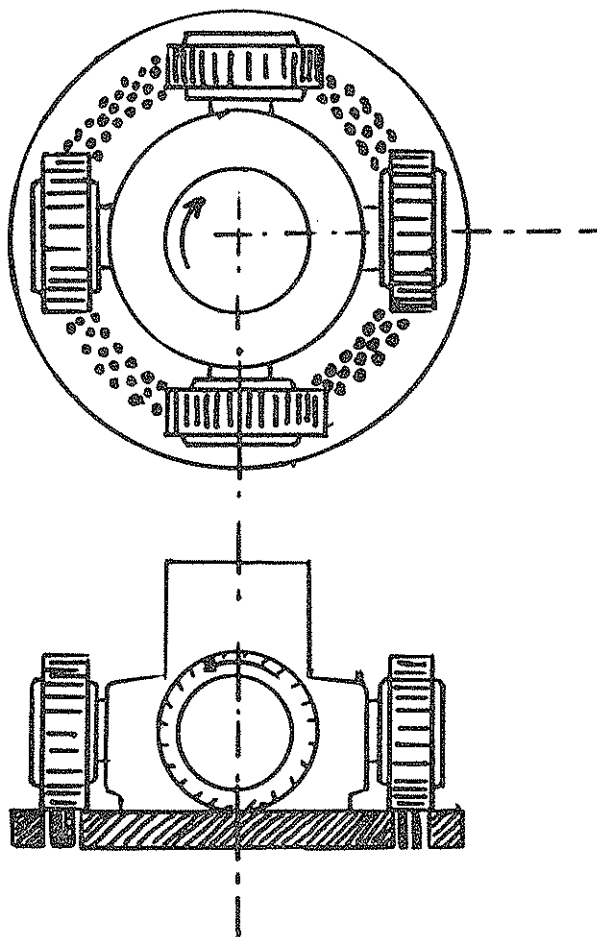


**SVERIGES  
LANTBRUKSUNIVERSITET**

## **Pelletering av biobränsle En nulägesrapport**

**Håkan Jonsson**



---

**Institutionen för  
lantbruksteknik**

**Swedish University of Agricultural Sciences  
Department of Agricultural Sciences  
Engineering**

**Rapport 103  
Report**

**Uppsala 1985**

ISSN 0283-0086

ISBN 91-576-2559-X

---

## FÖRORD.

Den här redovisade studien har utförts inom projekt Systemstudier inom lantbruksuniversitetets bioenergiprogram. I projektet ingår bl a att göra kostnadsjämförelser mellan olika bränslen. En viktig frågeställning är huruvida det är lönsamt att ur fasta biobränslen som spån, bark, flis, halm och torv etc. framställa mer förädlade bränslen som pelletter, bricketter och pulver. Ett förädlat bränsle har många hanterings- och förbränningstekniska fördelar framför ett oförädlat. Å andra sidan medför förädlingsprocessen en extra kostnad. En viktig grund för det vidare utvecklingsarbetet är då att kartlägga dagsläget beträffande produktion, marknad och ekonomi för de olika bränslena.

Dagsläget beträffande pelleterade biobränslen har kartlagts av Håkan Jonsson under sommaren 1985. Under den tiden besöktes de flesta av landets bränslepellettillverkare samt åtskilliga förbränningsanläggningar. Många företag har blivit utsatta för telefonintervjuer eller skriftliga förfrågningar. Resultatet av utredningen redovisas i föreliggande rapport.

Till Håkan Jonsson, som har gjort utredningen, och till alla de företag som välvilligt har berättat om sin verksamhet och svarat på frågor, ber jag att få framföra mitt varma tack.

Inst f lantbruksteknik december 1985

Anders Almquist  
projektledare

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING.

Förord	sid.	1
Innehållsförteckning		2
Sammanfattning		3
0. Terminologi		5
1. Inledning		6
2. Studiens syfte och genomförande		8
2.1 Syfte		8
2.2 Genomförande		8
3. Marknad		9
3.1 Restriktioner		9
3.2 Marknadens krav		10
3.3 Marknadens struktur		11
4. Råvaror		13
4.1 Sågverkens biprodukter		13
4.2 Bränsleflis		14
4.3 Torv		15
4.4 Vass		16
4.5 Halm och energigräs		17
4.6 Övrigt		18
5. Råvarutransport		19
6. Pelletering		21
6.1 Kompressionstekniker		21
6.2 Pelleteringsprocessen		21
7. Lagring och distribution		24
7.1 Organisation		24
7.2 Lager hos tillverkaren		24
7.3 Distributionsapparat		24
7.4 Lager hos användaren		26
8. Förbränning		28
9. Miljöfrågor		33
10. Ekonomi		36
10.1 Bränsleekonomi		36
10.2 Kostnader för råvaror och energi		40
10.3 Ekonomi för pelletanvändare		44
11. Diskussion och slutsatser		49
12. Litteraturförteckning		52

## SAMMANFATTNING.

Pelletar för bränsleändamål kan tekniskt tillverkas av de flesta biobränslen. Pelletar av olika råvaror kan dock inte betecknas som ett enhetsbränsle. Förbränningsegenskaper såsom askmjuknings- och asksmälttemperatur samt askhalt skiljer så mycket beroende på råvara, att man idag inte kan använda samma teknik för förbränning av olika sorters pelletar. Av förbränningstekniska och ekonomiska skäl har pelleteringsindustrin inriktat sig på sågverkens biprodukter sågspån och bark. Torv utgör 10 % av råvaran för en tillverkare, men torv kan bli aktuell för pelletering i större omfattning, speciellt om man därigenom kan förbilliga långa transporter.

Teknik för pelletering finns idag hos flera företag i landet. De fem företag som för närvarande tillverkar bränslepelletar för avsalu har en sammanlagd kapacitet på cirka 80 000 ton per år. Genom mindre ombyggnader av befintliga vältorkar kan även dessa producera bränslepelletar. Därigenom kan årskapaciteten för bränslepellettillverkningen i landet öka betydligt. Produktionen under den gångna uppvärmningssäsongen var dock endast 14 000 ton.

Av de fem bränslepelletproducenterna har två tillverkning året om, medan de tre andra är huvudsakligen foderpelletproducenter, som tillverkar bränslepelletar under en del av året.

Råvarutransporter till pelleteringsanläggningarna sker med fordon av samma slag som transporterar flis från sågverk till massa-industri.

Eftersom pelletar för att skyddas mot återfuktning måste hållas i slutna behållare under leveransen, sker distributionen med bulkbilar. Lossning hos konsumenten sker med hjälp av kompressor och pneumatisk transport till användarens lager.

Pelletar lagras hos tillverkaren i planmagasin eller storsilo. Hos användaren lagras de i silo eller bränsleficka.

Utsläpp från pelleteldning sker till största delen hos konsumenten, men sker till viss del också hos tillverkaren i samband med uppvärmning för torkningen. Emissionernas sammansättning beror huvudsakligen på vilken typ av råvaror som använts vid pelletering. Totalt sett kan kväveemissionerna förväntas vara högre, medan halten ofullständigt förbrända gaser troligen blir lägre jämfört med direkt råvaruförbränning.

Av tillförd energi i pellettillverkningen återstår omkring 92 % i form av färdiga pelletar. Om pannverkningsgraden kan höjas med 5 % vid pelleteldning jämfört med eldning av pelletråvarorna direkt, blir skillnaden i energiutnyttjande endast 2-3 %.

I ren bränslekostnad är pelletar ungefär 1 000 kr billigare än olja. Vid konvertering från oljeeldning till pelleteldning måste investering ske i pelletbrännare samt lagerutrymme med erforderliga transportörer. För att kostnaden för investeringen ska täckas måste oljeersättningen ha en viss storlek.

Gentemot bränsleflis har pelletar en högre bränslekostnad, men lägre kostnader för bränslehanteringen. Flisens hanteringskostnad sjunker dock relativt sett med ökad storlek på förbränningsanläggningen. Ur ekonomisk synpunkt är därför pelletar för närvarande mest intressanta för medelstora förbränningsanläggningar. (Kostnaden för eldning med pelletar i småhus har inte undersökts i denna utredning.)

Övergång från olja till bränslepelletar har i regel skett i förbränningsanläggningar som haft två oljepannor, varvid endast den ena pannan konverterats. Den bästa ekonomin fås om pelletpannan går som baslast och ger en effekt som ungefär motsvarar anläggningens halva maxeffektbehov. Oljepannan används som spetslast och reservpanna samt går in vid mycket låga effektbehov. Om pelletpannan alltid går med högt effektutnyttjande minskas problemen med sintring. Ett högt effektutnyttjande ger också en hög oljeersättning i förhållande till investeringskostnaderna.

Marknaden för bränslepelletar beräknas fördubblas denna vinter jämfört med förra säsongen.

## 0. TERMINOLOGI.

Som underlag för den fortsatta diskussionen definieras här några benämningar på förädlade fasta biobränslen. Definitionerna är hämtade från Svensk Standard SS 18 71 06 (SMS 1984).

bränslebrikett	rektangulär eller cylindrisk platta avsedd för eldning och framställd genom pressning av finfördelat material
	bränslebriketter tillverkas ofta i kolvpress och har en diameter eller bredd större än eller lika med 25 mm
bränslepellet (pl. pelletar)	kort cylinder avsedd för eldning och framställd genom pressning av hackat, malet eller pulveriserat material
	bränslepelletar tillverkas ofta i matrispress och har en diameter mindre än 25 mm
bränslepulver	bränsle som malts så att huvuddelen av materialet har partikelstorleken mindre än 1 mm

Samma definitioner återfinns i Tekniska nomenklaturcentralens energiordlista (TNC 1984).

## 1. INLEDNING.

I Sverige finns en av regering och riksdag beslutad målsättning att bryta landets oljeberoende. Av en total energitillförsel på 403 TWh under 1983 stod olja för 214 TWh eller 53 %, se tabell 1.1. Detta är en markant minskning sedan tiden innan oljekrisen 1973/74, då den svenska oljetillförseln uppgick till 338 TWh eller 73 % av den totala energitillförseln. Utöver en direkt reduktion av oljeanvändningen med 37 % under denna 10-årsperiod har även det totala energibehovet minskat med 13 % från 465 till 403 TWh. Detta har möjliggjorts genom direkta energibesparande åtgärder samt ett bättre utnyttjande av den tillförda energin.

Tabell 1.1 Total energitillförsel år 1973 och 1983.  
Källa: Regeringens proposition 1984/85:120.

	1973		1983	
	TWh	%	TWh	%
Oljeprodukter	338	73	214	53
Inhemska bränslen	45	10	54	13
Kol	20	4	23	6
Vattenkraft, kärnkraft *)	62	13	110	27
Spillvärme	-	-	2	1
Total tillförsel	465	100	403	100

\*) Inklusive nettoimport av el

Dagens nivå är inget slutstadium utan en ytterligare reduktion av nuvarande oljekonsumtion till en nivå av 40 % av landets energiförsörjning år 1990 är ett av målen för energipolitiken (Industriedepartementet 1985). Däremot antas det nuvarande totala energibehovet kvarstå.

Energianvändningen fördelade sig under 1984 på industri 38 %, inrikes transporter 20 % samt bostäder, service m.m. 42 %. Oljebesparing sker över hela linjen. Oljeersättning koncentreras främst till sektorerna industri och bostäder.

Vad har då oljan ersatts med under perioden 1973-1983? Man kan säga att ersättningen finns inom två huvudgrupper, el och fasta bränslen. De fasta bränslena utgörs till stor del av bioenergi. Elproduktionen har ökat från 62 till 110 TWh, främst genom utbyggnad av kärnkraften, men även vattenkraften har byggts ut något. Ökningen av bioenergianvändningen har främst skogsindustrin svarat för. Redan tidigare utnyttjade man lutarna vid förbränning, men genom införande av träddelelsmetoder i skogsavverkningarna erhåller skogsindustrin nu också betydande mängder bränsleflis. Därigenom har branschen drastiskt reducerat sitt oljebehov. Även större värmecentraler har konverterat till flis-

eldning, men för dem har även torv varit ett alternativ. Småhus- och villaägare har i den mån de bytt från olja huvudsakligen gått över till el eller helved. Även inom annan industri finns exempel på användning av bioenergi för uppvärmning.

Övergången till bioenergi har inte varit helt problemfri. Helvedselldning innebär mycket manuell hantering och har små möjligheter till automatisering. Den är därmed inte intressant för andra än småhusägare. Fliselldning kompliceras i sin tur av varierande fukthalt hos flisen, vilket försvårar inställning av pannan. Mögelbildning kan uppstå på grund av hög fukthalt och en storlek på flisen som gynnar uppkomsten av mögel. Flisen är dessutom skrymmande, vilket begränsar det ekonomiskt möjliga transportavståndet och ställer krav på antingen stora bränsle-förråd vid förbränningsanläggningen eller på frekventa bränsle-leveranser. Dessa problem har lett tanken till förädlade bränslen.

Förädling av biobränslen kan ske på flera sätt. Pelletering är en metod att genom sönderdelning, upphettning och komprimering erhålla ett homogent, lätthanterligt och lagringsbeständigt bränsle. Genom att produkten är homogen är det lättare att elda och uppnå en hög verkningsgrad. Eldningen kan också automatiseras så att den i princip blir nästan lika enkel som oljeeldning. Mögelbildning skall ej heller uppstå eftersom pelletar har låg fukthalt. Därigenom har de en större lagringsbarhet. Pelletar är ett koncentrerat bränsle med högt värmevärde och kräver därför inte så stort lager av bränsle i anslutning till förbränningsanläggningen. Genom sin form och yta rinner pelletar lätt och s.k. valvbildning uppstår ej. Möjligtvis skall man också kunna variera råvarorna för pellettillverkning utan att detta ska orsaka problem för användaren.

Pelletering innebär emellertid också nackdelar. Transportkostnaderna ökar eftersom två transporter krävs, en råvarutransport till pelleteringsanläggningen och en färdigvarutransport till konsumenten. Produktionen kostar också pengar, speciellt för personal och energi. Pelletar ställer också stora krav på lagrets utformning, då det ej får utsättas för fukt.



## 2. STUDIENS SYFTE OCH GENOMFÖRANDE.

### 2.1 Syfte.

Denna studie har genomförts med avsikt att:

1. Beskriva dagens teknik och system för att tillverka, distribuera och förbränna bränslepelletar.
2. Beräkna kostnader för olika system.
3. Genom kostnadsjämförelser med andra bränsleslag beräkna lönsamheten av bränslepelletar.
4. Undersöka vilket värde som ligger i alla de fördelar med bränslepelletar som har framförts i debatten.

### 2.2 Genomförande.

En stor mängd rapporter finns publicerade, både i Sverige och utomlands, inom området bioenergi. Rapporterna begränsas ofta till ett speciellt avsnitt, t. ex. råvarutillgång, tillvaratagande eller förbränning av biobränslen. Mindre ofta beskrivs hela system från råvara till färdig energi.

Arbetet har huvudsakligen genomförts genom studier av befintlig litteratur inom områdena pelletering, tänkbara pelletråvaror, transportsystem för biobränslen samt förbränning av pelletar.

För att erhålla aktuell information och fånga upp nya erfarenheter från de senaste årens alltmer omfattande pelletanvändning har besök genomförts vid följande tillverkande företag:

- \* Bobergs valltork, Fornåsa
- \* Mora Pellets AB, Mora
- \* Nydo Energi, Vårgårda
- \* Svenska Sockerfabriks AB, Köpingsbro

Besöken har kompletterats med uppföljande tekefonintervjuer.

Produktion av bränslepelletar för avsalu förekommer, förutom vid ovan uppräknade företag, även vid Rydsgårds Jordbruks AB, Rydsgård.

Från bränslepelletanvändare har information inhämtats till största delen genom enkäter kompletterade med telefonintervjuer, men besök har också genomförts.

### 3. MARKNAD.

#### 3.1 Restriktioner.

Hur stor omfattning kan användningen av bränslepelletar få? Som allt bestäms det av begränsningar.

En begränsning är marknadspotentialen. Saknas användningsområde är förutsättningarna obefintliga för att man skall kunna avsetta produkten. Potentialen kan vara ett behov som idag tillgodoses av någon annan produkt eller ett latent behov, där efterfrågan finns men inte är upptäckt.

En annan begränsning är den tekniska. Det måste finnas utvecklad teknik för insamling och transport av råvaror, för tillverkning av pelletar, för distribution till användarna och för förbränning samt för omhändertagande av förbränningsprodukterna.

Råvarubasen är också en begränsning. För pelletar kan många slags råvaror tänkas för produktionen. Här bedöms bruttotillgången för varje enskild råvara som en restriktion. Råvarornas tillgänglighet kan dock begränsas såväl i geografiskt som säsongsmässigt hänseende.

Samhället har synpunkter på hur olika råvaror bör användas. Enligt byggnadslagens paragraf 136 a bör den vedråvara som kan komma till användning inom skogsindustrin reserveras för denna. Det är en mycket hård skrivning för skogsenerginäringen. Vid bokstavlig tolkning kan det innebära att vissa marginalråvaror kan krävas av skogsindustrin, trots att trädbränsleanvändarnas betalningsvillighet är högre.

För biomassor finns också ekologiska begränsningar. Exempel på detta är att helträdsutnyttjande bör undvikas på näringsmässigt svagare marker. På åkermark bör en del av halmen lämnas kvar till gagn för mullbildningen.

Vid eldning av fasta bränslen uppstår emissioner. För vissa emissioner finns idag gränsvärden som ej får överskridas. För andra finns rekommendationer, vilka ej bör överskridas. Några kommuner har t.o.m. utfärdat förbud mot fastbränsleeldning i tätorter.

Slutligen kommer de ekonomiska begränsningarna. På råvarusidan råder en kostnadssituation som är olika för olika råvaruslag. Träindustrins biprodukter har många användningsområden, av vilka bränslepelletar är ett. Där råder följaktligen en konkurrenssituation. För andra råvaror däremot utgörs restriktionerna enbart av kostnaden för tillvaratagandet.

Ytterligare ekonomiska restriktioner finns. Transporter av såväl råvaror som färdig produkt kostar och ger en geografisk begränsning. Produktionskostnaderna ger ett minimipris för pelletar.

### 3.2 Marknadens krav.

Som visas i det följande bör bränslepelletar främst användas i medelstora och mindre förbränningsanläggningar för uppvärmning av bostäder och andra lokaler samt till varmvattenproduktion. Hur stor del av uppvärmningsbehovet som bränslepelletar ska kunna svara för är i första hand en ekonomisk fråga. Visar sig pelletar vara billigare för konsumenten än andra former av energi, kommer denne att noga överväga möjligheten att värma sin bostad eller lokal med pelletar. En ny energibärare kan kräva en stor investering, t. ex. en ny panna, vilket kan omöjliggöra en konvertering på grund av brist på medel för att klara investeringskostnaden. Olika personer har olika förräntningskrav och krav på återbetalningstid på kapital. Det kan betyda att en investering av en person kan ses som mycket lönsam, medan en annan anser samma investering helt oacceptabel.

Men även andra saker spelar in i valet av uppvärmningssystem. Med dagens debatt om luftföroreningar och skogsdöd ser säkert gemene man positivt på en energiform som har små eller inga emissioner av svavel- och kväveoxider. En inhemsk energikälla som kan skapa regional sysselsättning ser många, speciellt berörda kommuner, som en positiv faktor. Ett funktionssäkert, högautomatiserat system ger en bekväm uppvärmning och låga övervakningskostnader. Vissa bränslen kan ge arbetsmiljöproblem vid eldningsanläggningen, exempelvis flisens benägenhet för mögelbildning. Ett volymkrävande bränsle kan för vissa användare vara omöjligt att använda på grund av utrymmesbrist. Sist men inte minst bör osäkerhet om framtida tillgång och prisutveckling påpekas.

Pelletar har i likhet med alla biobränslen en låg halt försurande ämnen i rökgaserna. Torvbaserade pelletar innehåller vanligtvis högre svavelhalter än andra biobränslen. Pelletar kräver askhantering till skillnad från olja. Askvolymen är dock mindre än för kol.

Ett homogent bränsle gör att det går att automatisera förbränningen. Pelletar kan därför uppfylla kraven på bekvämlighet och låga tillsynskostnader. Den höga torrhalten gör att mögelbildning inte förekommer och därmed ej heller någon risk för allergiproblem.

De tänkta pelletråvarorna är samtliga inhemska bränslen och bränslepelletar skapar därför sysselsättning inom landet. Tillgången på pelletar bör därför bli säkrare och priset stabilare än för fossila bränslen.

Större anläggningar har bättre förutsättningar att rationellt hantera ett bränsle av lägre kvalitet. Produktionskostnaden för pelletar är relativt hög, vilket gör att de är mindre intressanta för anläggningar med lång drifttid. Däremot är pelletar intressanta för små och medelstora anläggningar som idag utnyttjar eldningsolja 1 samt på sikt kanske även för småhus. Bland producenter anses dock småhus mindre intressanta, då dessa medför en

mer komplicerad distribution. Den storlek på förbränningsanläggningar där bränslepellettar idag anses ha störst intresse ligger i intervallet 0,1 till 2 MW

### 3.3 Marknadens struktur.

Under perioden 1/7 1984 - 30/6 1985 producerades 14 000 ton bränslepellettar för avsalu av de fyra undersökta företagen. Dessutom tillverkade ett företag 5 000 ton brinipellettar, vilket närmast är att betrakta som briketter.

Köparna av bränslepellettar kan delas in i följande kategorier:

#### Värmeförbrukare

- \* Kommuner
- \* Bostadsstiftelser
- \* Privata företag
- \* Landsting

#### Bränsleföretag

- \* Värmesäljare<sup>1)</sup>
- \* Bränslegrossister

Många kommuner har fjärrvärme i större tätorter, medan på de mindre orterna de kommunala anläggningarna har egen panna i varje byggnad. I pannrummen finns inte sällan två stycken oljepannor. Det är i regel i sådana byggnader man byter till pelleteldning om pannan efteråt får en effekt på 0,15 - 1 MW. Vid konverteringen kompletteras den ena pannan med en pelletbrännare eller byts ut mot en ny. I de allra flesta fall sker konverteringen genom montering av en pelletbrännare i en befintlig oljepanna.

Exempel på användningsområden för bränslepellettar är:

- \* Skolor
- \* Ålderdomshem
- \* Flerbostadshus
- \* Industrier
- \* Andra byggnader i offentlig förvaltning

---

1) Företag som svarar för värmeproduktionen och debiterar kunden efter levererad värmeenergi.

De besökta och intervjuade företagens förbränningsanläggningar för bränslepelletar har en effekt mellan 150 och 1 000 kW. I intervjuer med representanter för tillverkare har framkommit att mindre anläggningar i småhus finns, men de är få till antalet. De är ofta installerade hos personer som är anställda av pelletstillverkaren eller mycket nära pelletfabriken boende personer som själva kan ombesörja frakten.

Vid samtal med producenter och konsumenter av bränslepelletar har framkommit, att marknaden kommer att fördubblas under innevarande säsong jämfört med säsongen 1984/85.

## 4. RÅVAROR.

### 4.1 Sågverksindustrins biprodukter.

Till dagens produktion av bränslepelletar för avsalu används nästan uteslutande en blandning bestående av lika delar sågspån och bark. Som substitut för sågspån är flis från rotreduceringsanläggningar aktuell i den mån den är tillgänglig. Denna flis innehåller för mycket bark för att vara intressant för cellulossa- och spånskiveindustrin.

Sågspån är en råvara med relativt hög halt torrsubstans och är homogen och fint sönderdelad. Den har också god lagringsbarhet. Ingen av de tillfrågade tillverkarna ansåg det vara något problem att lagra spån upp till ett halvår.

Bark har en lägre torrsubstanshalt än sågspån. Den kan levereras riven eller oriven, men i båda fallen krävs mer malning än för sågspån, då fraktionsstorleken är större. Bark har även en sammanfattande egenskap, varför en tillräcklig halt bark gör tillsats av bindemedel överflödigt vid pelleteringen.

Sågspån, flis från rotreduceringsanläggningar och bark är biprodukter från sågverken och används i stor utsträckning av sågverken själva. Sågverken täcker sitt värmebehov i såghus och virkestorkar i huvudsak med eldning av bark, men även av spån. Sågspån säljs till spånskiveindustrierna, men dessa har på grund av vikande marknad för sina produkter minskat sin efterfrågan. Denna minskade efterfrågan har gett ett överskott, vilket har möjliggjort alternativa användningar, däribland utnyttjande för bränsleändamål.

Produktionen av spån och bark vid sågverken varierar med kvantiteten virke som sågas, se tabell 4.1. Generellt kan sägas att kvantiteten är större från och med mars, då timmer från vinterns avverkningar börjar komma in till industrin i större omfattning, till och med september-oktober, då lagret från våren börjar tryta.

Tabell 4.1 Produktion av såg- och hyvelspån vid sågverken 1978 - 1982.

Källa: Skogsstatistisk årsbok.

År	för skogsindustrin 1 000 m <sup>3</sup> s	för bränsleändamål 1 000 m <sup>3</sup> s	totalt
1978	4 129	1 981	6 110
1979	4 356	2 187	6 543
1980	4 051	2 386	6 437
1981	3 819	2 217	6 036
1982	4 075	2 465	6 540
Medeltal	4 086	2 247	6 333

Spånskiveindustrins förbrukning av spånråvara kan betecknas som konstant under året. På grund av högre fukthalt i virket och större energibehov för uppvärmning av lokalerna tar sågverken själva hand om en större del av sina biprodukter under vintern. Detta gör tillsammans att priset på spån och bark stiger under vintern och når en topp under januari månad.

Sågverkens produktion av sågspån och bark 1979 har redovisats i en rapport från institutionen för virkeslära (Englund 1981), se tabell 4.2. För sågspån användes följande omföringstal

$$1 \text{ m}^3 \text{s} = 0,32 \text{ m}^3 \text{ fub}$$

Då omföringstalen för bark är mycket osäkra redovisas barkens volym i  $\text{m}^3 \text{s}$ .

Tabell 4.2 Produktion och användning av sågspån och bark 1979.

	Indust- riell användn	Bränsle vid sågen	Bränsle till annan förbrukn	Annan användn	Utan användn	Summa
Sågspån	1 473,2	400,8	149,5	86,7	6,1	2 116,3
Bark	433,2	3 327,1	1 532,6	245,2	328,9	5 867,0

Sågspån i 1 000  $\text{m}^3$  fub, bark i 1 000  $\text{m}^3 \text{s}$ .

De fyra undersökta företagen betalar i genomsnitt 50 kr/ $\text{m}^3 \text{s}$  för sågspån och 30 till 48 kr/ $\text{m}^3 \text{s}$  för bark, båda priserna fritt industri.

#### 4.2 Bränsleflis.

Vid skogsavverkningar utfaller förutom gagnvirke till skogsindustrin även betydande kvantiteter annan biomassa som inte kan användas av industrin. Denna biomassa utgör en potentiell bränslekälla - skogsenergi. Erforderlig hänsyn måste dock tas till biologiska förhållanden, så att inte markens långsiktiga produktionsförmåga äventyras. Hela den tillgängliga kvantiteten kan därför inte utnyttjas.

Dessutom finns i landet ett stort lövvedsöverskott utan industriell användning. Småträd, kvarlämnade träd samt träd på icke skogsmark som också saknar industriell användning kan tillsammans med lövvedsöverskottet avverkas direkt för bränsleändamål.

Tabell 4.3 Tillgängliga kvantiteter trädbränslen från skogen fram till 90-talets mitt, milj m<sup>3</sup>.  
Källa: Lönner & Parikka 1985.

---

Avverkningsrester

Bruttotillgång	24.3 - 28.1	
Reduktion för ekologiska restriktioner	10.6 - 12.1	
Tillgång efter reduktion		13.7 - 16.0

Direkta avverkningar för bränsleändamål

Lövvedsöverskott	0.5 - 4.4	
Småträd, kvarlämnade träd avverkning på icke skogsmark	4.2 - 5.4	
Övrigt, bl a röjning	1.0 - 1.0	
Summa avverkningar för bränsleändamål		5.7 - 10.8

SUMMA TILLGÄNGLIGA KVANTITETER  
TRÄDBRÄNSLEN FRÅN SKOGEN

19.4 - 26.8

---

För att man skall få en enhetlig vara och kunna utnyttja automatiserad eldningsteknik, bör trädbränslet flisas. Bränsleflis är ett vanligt sortiment bland värmeverken idag. I Sverige fanns det 1982/83 drygt 20 kommunägda, hetvattenproducerande värmeverk som använde trädbränsle. Medelstorleken var 12,5 MW (Parikka 1984).

Bränsleflis har nästan samma egenskaper som sågspån, men det har två ekonomiska nackdelar. Det är ej lika finfraktionerat, vilket kräver ytterligare malning, samt är dyrare i pris än sågspån. Priset på bränsleflis var 1984 85 kr/m<sup>3</sup>s fritt värmeverk (SPK 1984).

Värmevärdet i bränsleflis beror på trädslaget. Lövved har högre energiinnehåll än barrved. Fukthalten är också en viktig parameter.

#### 4.3 Torv.

En pellettillverkare, Mora Pellets AB, använder 10 % torv i råvaran. Torven är något dyrare än sågspån och bark, men ger en finare pellett kvalitet med bättre hållfasthetsegenskaper och fuktbeständighet. I ännu större grad än bark har torv en sammanbindande effekt, vilket förklarar pelletarnas goda hållfasthet. Torvens torrsubstanshalt är låg, lägre än för bark.



Enligt riksskogstaxeringens definition är torvmark ett markområde med ett mer än 30 cm mäktigt lager av jordarten torv. Med denna definition har Sverige 4-6 milj. ha torvmark (Anon. 1981). I SGU:s torvmarksinventering har hänsyn tagits endast till på topografiska kartan markerade sankmarksområden med en areal överstigande 50 ha. Den visade på en tillgång av 1,7 milj. ha för Sverige utom fjällkedjan. I samma undersökning skattades 15 % av den arealen som antingen skyddad enligt naturvårdslagen eller som föreslagen för skyddning av den fysiska riksplaneringen. För brytning krävs att mossen är minst en meter djup. Arealen lämplig energitorvmark större än 50 ha bedöms vara 350 000 ha med ett totalt energiinnehåll av 2 000 TWh (Anon. 1983).

För brytning av energitorv används idag två metoder, frästörvmetoden och stycketörvmetoden. Vid frästörvmetoden fräses ett 1-2 cm tjockt ytskikt upp och får soltorka på mossen. Flera skördar kan tas per år, men metoden är påtagligt väderberoende. Mellan 100 och 300 ton torv med en fukthalt av 45-50 % ger brytningen per ha och år.

Stycketörv produceras med hjälp av säskilda stycketörvsaggregat där torven bryts och pressas genom munstycken till 10-20 cm långa korvar med en diameter på 6-8 cm. Efter soltorkning på mossen har stycketörven en fukthalt på 30-40 %.

Uppsala Kraftvärme AB, som planerar att i stor utsträckning elda med torv, avser att transportera torv från Härjedalen som pelletar eller pulver för att minska vikten och därmed transportkostnaden (Bioenergi 1/84).

#### 4.4 Vass.

Vass eller bladvass (*Phragmites communis*) är också tänkbar som råvara. Uppskattningsvis finns det cirka 100 000 ha vass i Sverige, men allt är inte möjligt att utvinna. Mindre, isolerade förekomster och otillgängliga växtplatser måste räknas från. Med hänsyn till naturvården bör också vissa områden lämnas orörda. Efter reduktion beräknas 20 000 - 30 000 ha vara tillgängliga för vasskörd. Problemet idag är skördetekniken, vilken inte kan anses vara helt utvecklad.

Vass kan skördas både på sommaren och på vintern. Vid den senare tidpunkten sker skörden på fruset underlag. Fyra skäl talar för vinterskörd:

- \* Till vintern har vassen självtorkat till cirka 20-25 % fukthalt
- \* Det mesta av växtnäringsämnen finns i rotsystemen
- \* Mekaniska skador på rotsystemen nedbringas till ett minimum vid skörd på is
- \* Vassens blad innehåller höga halter aska. Bladen fälls under hösten och askhalten blir lägre i den skördade vassen

Problem finns också. Den praktiska skördesäsongen torde inte överskrida fyra månader om året, från december till mars. Snarare lär den bli kortare med tanke på de krav på istjocklek som finns. Dessutom kan snösituationen försvåra skördebetingelserna.

#### 4.5 Halm och energigräs.

Sveriges jordbrukspolitik syftar till att behålla jordbruksproduktion på nuvarande åkerareal, omkring 3 milj. ha. I samband med nu rådande överskottssituation inom jordbruket och förlustbringande utförsäljningar av jordbruksprodukter kan det vara av intresse med energiproduktion på Sveriges åkrar. Genom odling av speciella energigrödor kan betydande arealer bibehållas som jordbruksmark. För fastbränsle har två grödor undersökts av lantbruksuniversitetets projekt Agrobioenergi, halm och energigräs (Anon. 1984).

##### 4.5.1 Halm.

Den årliga halmskörden i Sverige har en torrsubstansvikt på 5-6 milj. ton. Av denna kvantitet används 75 % endast som jordförbättring genom bränning på åkrarna och nedplöjning (Beijbom 1980). Till denna kvantitet kommer rapshalmen som ej kan användas som foder. Halm har hög torrhalt, men är mycket skrymmande som råvara.

Halmen blir tillgänglig i samband med skörden av spannmål och oljeväxter. Från och med augusti till och med oktober kan halm för bränsleändamål tas till vara. Om vädret vid skörden är gynnsamt kan halmen genom sin låga fukthalt lagras direkt för att användas vid en senare tidpunkt utan att behöva torkas artificiellt.

##### 4.5.2 Energigräs.

Gräs odlas för foderändamål i blandning med vallbaljväxter. Vallarealen uppgår till cirka 700 000 ha i Sverige (Anon. 1984). Gräs kan också efter skörd och torkning användas som bränsle. De arter som används som foder och som också kan användas som fastbränsle är timotej, foderlost, rörflen och rörsvingel. Lantbruksuniversitetet har i sina försök, beroende på art, kvävegiva, försöksplats och skördetidpunkt erhållit varierande avkastningar på mellan 3 och 17 ton torrsubstans per ha (Anon. 1984).

#### 4.6 Övrigt.

Hushållssopor är också tänkbara att pelletera. Tillgången är ungefär 1 kg per person och dygn. De består av cirka 85 % brännbart material som vid direkt förbränning skulle kunna ge 6-7 TWh per år (Dahlvig 1982). För pelletering krävs att soporna sorteras.

## 5. RÅVARUTRANSPORT.

För god ekonomi i lastbilstransporterna krävs att man utnyttjar den tillåtna lastkapaciteten. Den juridiska gränsen för total fordonsvikt går vid 51,4 ton (Vägtrafikförordningen). I last betyder det ungefär 35 ton. Skogsindustrin har för sina skrymmande råvaror utvecklat fordonskombinationer som kan ta uppemot maximilasten.

Transporter av bibränslen sker med olika fordon beroende på typ av bränsle, avstånd till användningsplatsen etc. Vanligast förekommande är flisbilarna som transporterar cellulosaflis från sågverk till massaindustri. De är anpassade till skrymmande last och kan ta 90-110 m<sup>3</sup> på dragbil med släp. Lämpliga råvaror att köra med flistransportbilar är sågspån, bränsleflis, bark och vassflis.

En annan form för transporter är godshantering i större enhetslaster. Bland dessa utgör transporter med avställbara lastbärare, containers, ett exempel. De avställbara lastbärarna lossas från och lastas med hjälp av bilburen hanteringsutrustning. Systemet kan ta uppemot 100 m<sup>3</sup> per fullastat fordon. Fördelen är att en container kan lastas och lossas utan att dragfordonet är närvarande.

För omhändertagande av skogsenergi kan flera system tänkas. Av betydelse för transporten är fastmasseprocenten för respektive sortiment, se figur 5.1.



Fig. 5.2 Fastmasseprocentens betydelse för landsvägstransport av olika former av skogsenergi. Alla lass innehåller lika mycket bränsle.

Av figur 5.2 framgår att landsvägstransport av obearbetade hyggesrester bör undvikas. Transporten bör föregås av flisning för att man ska få en transporterbar volym.

Med träddelar kan en fastmasseprocent nås som ligger i samma storleksordning som för flis. Speciella transportfordon finns idag utvecklade för träddelar. De kan ta uppemot maximalt tillåten last, cirka 35 ton.

Vanliga flakbilar är bättre lämpade för transport av råvaror med högre volymvikt. Stycketorv med sin höga densitet är ett exempel.

## 6. PELLETERING.

### 6.1 Kompressionstekniker.

Tekniken att komprimera biomassor är drygt hundra år gammal. Det första patentet rörde visserligen komprimering av sågspån, men tekniken användes i början enbart för tillverkning av komprimerat djurfoder.

Tekniken att komprimera biomassor har diversifierats, så att man idag talar om flera olika metoder. Den vanligaste metoden är pelletering och används framför allt för djurfoder. En pellet definieras av att diametern understiger 25 mm.

Vid brikettering komprimeras materialet mellan rullar och håligheter. Resultatet blir en "korv" som bryts eller kapas i önskade längder. Man får en produkt med en diameter på 50-100 mm. Definitionsmässigt har briketter en diameter överstigande 25 mm.

Utöver de två beskrivna metoderna kan extrusion, cubing och rullbrikettering nämnas. Extrusion är varmpressning av materialet genom en matris med en stor presskruv. Resultatet blir cylindrar med 2,5 till 10 cm i diameter. Cubing är en modifierad form av pelletering där produkten är cylindrar eller kuber med diametern eller sidan 2,5 - 5 cm. S.k. brinipelletar är en produkt av cubing. Vid rullbrikettering matas materialet mellan åt samma håll roterande valsar. Materialet tvingas därigenom till rotation och bildar en massiv cylinder. Samtliga metoder lär finnas i kommersiell drift på marknaden, om än ej i Sverige.

På grund av storleken kan man lättare automatisera förbränning och transporter av pelletar än briketter. Med en mindre diameter uppnås också en kortare slutförbränningstid. Dessutom finns den erforderliga tekniken för pelletering nästan färdig i Sverige.

### 6.2 Pelleteringsprocessen.

De råvaror som används för pellettillverkningen blandas, sönderdelas och utjämnas till en nöjaktigt homogen blandning och föres av transportörer in i en roterande trumtork. Torken värms av torkad vara plus stödolja. Efter successiv nedtorkning förs godset in i en cyklon, där den fuktiga luften avskiljs. Efter torken håller råvarorna en fukthalt av 15-22 % beroende på tillverkare. Av torkgodset återförs 10-18 % för värmning av torken. Variationen beror på fukthalten i råvarublandningen före och efter torkning.

Efter torkningen finmåls råvarorna för att ge en fin pellet. Det sker med en grov och/eller en finmalande kvarn.

Sönderdelningsbenägenheten hos pelletar är en naturlig effekt av att de tillverkats av sönderdelat material. För att motverka smulning kan tillverkningen baseras på en tillräckligt stor andel bark eller torv, vilka besitter sammankittande egenskaper. Pelletarna bör till ungefär 50 % vara gjorda av torv och bark för att man ej ska få mer än 2 % finfraktioner. Bark orsakar dessutom ett mindre slitage på pelletpressarna.

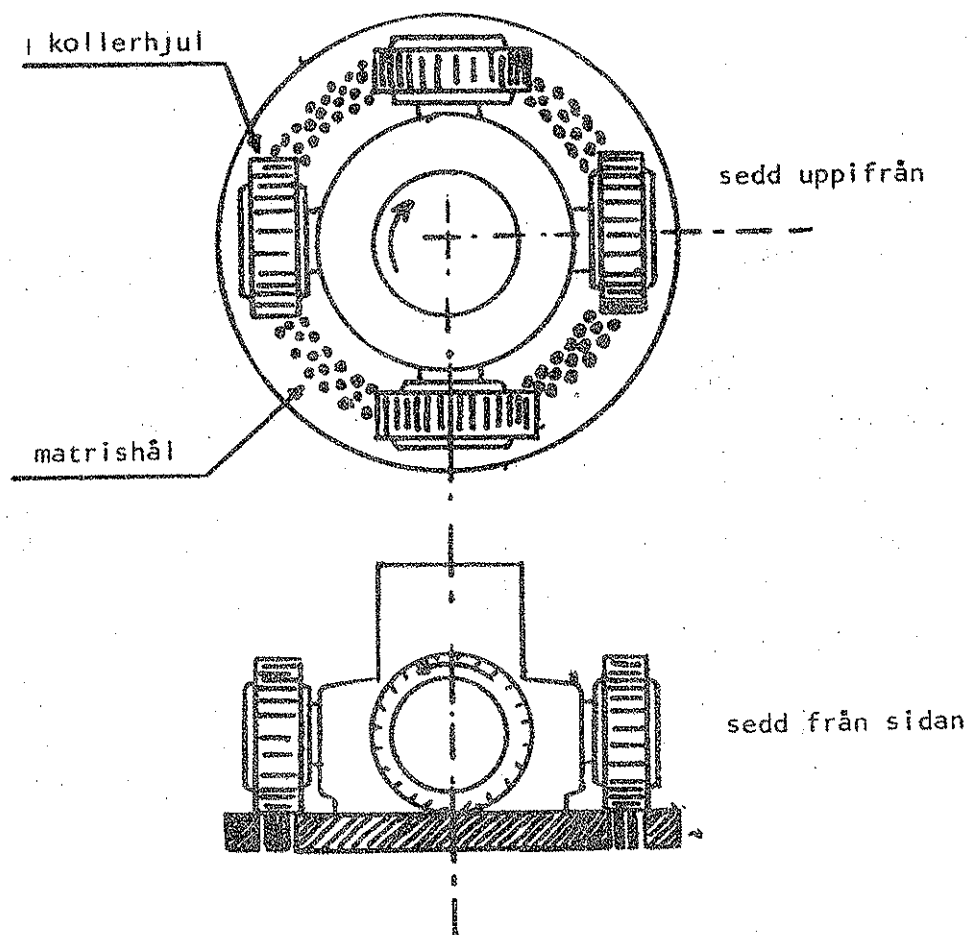


Fig. 6.1 Matrispress.

Vid pelletering använder man en hård stålmatris som är perforerad med täta hålradar. Mot matrisen roterar 2-5 kollerhjul som pressar råvaran med högt tryck genom matrishålen. Diametern på hålen är 8-12 mm och tjockleken på matrisen (längden på hålen) är 47-70 mm. En tjockare matris ger en hårdare, mer hållbar pellet. Men samtidigt stiger också kraftförbrukningen i pelletpressen. En mindre diameter på pelletarna ger en mer lätttrörlig vara, både för blåsning och skruvtransport. Pelletarna skärs av i lämpliga längder av en kniv, som rör sig på matrisens ut- eller baksida.

Direkt efter pelleteringen är pelletarna spröda och måste kylas för att erhålla bättre hållfasthetsegenskaper. Det sker i ett kyltorn eller i en bandkyl.

I de processteg som ligger efter torkningen, dvs malning, pelletpressning och kylning, torkas materialet ytterligare, till en fukthalt på den färdiga produkten på 10-12 %.

Ovanstående tekniska beskrivning kan i stort anses gälla för pelleteringsanläggningarna i Mora och Vårgårda. På några viktigare punkter skiljer sig dock tekniken för de andra anläggningarna.

Torkningen i Köpingsbro och Rydsgård sker helt med olja, medan Bobergs torkar med färdiga pelletar. SÅBI/Sockerbolagets produkt baseras på en större andel sågspån och man har därför större problem med hållbarheten. För att motverka problemet tillsätter man bindemedel i produkten.

För att framställa ett ton pelletar med en fukthalt av 11 % åtgår 6,0-6,2 m<sup>3</sup>s spån- och barkråvara, oberoende av råvarornas fukthalt. I den mån torkningen sker med torkad spån och bark går det åt ytterligare råvara. Den sistnämnda kvantiteten beror däremot starkt på råvarornas fukthalt.



## 7. LAGRING OCH DISTRIBUTION.

### 7.1 Organisation.

Både pellettillverkare och pelletanvändare är relativt stora. Leverans sker direkt från tillverkare till användare. Några bränslegrossister finns också, men de har en ganska liten andel. Prissättning av pelletar sker på basis av ett grundpris vid industri plus ett transportkostnadstillägg efter det avtal som pellettillverkaren har med någon speditiionsfirma. För en användare blir bränslet därför dyrare ju längre från tillverkaren anläggningen är belägen.

Ett system med mellanlager i terminaler nära koncentrationer av användare bedöms som mindre intressant om det ej är nödvändigt på grund av bristande lagerkapacitet vid produktionsanläggningen. Sådana situationer försöker tillverkaren undvika, men problemet kan snabbt uppstå på grund av den tillväxttakt marknaden har.

### 7.2 Lager hos tillverkaren.

För lagring av färdigvara hos tillverkaren finns idag två system, planmagasin och storsilo. Av fyra besökta företag hade tre lager i planmagasin. Nydo i Vårgårda har ett planlager med möjlighet att ta 1 000 ton. SSA i Köpingsbro har två lagerutrymmen som tillsammans kan ta 5 000 ton plus att man hyr lagerutrymme i Tomelilla. Denna stora lagerkapacitet beror på att SSA för sin tillverkning av bränslepelletar är hänvisat till fem månader under första halvåret, då anläggningen tillverkar foderpelletar under sommaren och hösten, medan Nydo HB kan bedriva sin produktion året om. Bobergs valltork har också planmagasin med en total lagerkapacitet på 8 000 ton, men största delen är reserverat för foderpelletar. Omkring 1 500 ton är avsett för bränslepelletar, vilket får anses som mycket eftersom deras tillgängliga tid för tillverkning av bränslepelletar, oktober-april, sammanfaller med det större behovet av värmeproduktion.

I Mora finns två stycken silos, vardera på 1 000 m<sup>3</sup>. Om marknaden ökar som beräknat, kommer man förmodligen även här att gå över till planmagasin. Bottnen på dessa silos är så högt placerad att lastning av transportfordonen sker direkt från silo till bulkbil.

### 7.3 Distributionsapparat.

Det gängse transportsättet är s.k. bulkbilar som är utrustade med en kompressor, se figur 7.1. Med slang anslutes kompressorn till användarens mottagningsrör. Pelletarna blåses genom röret upp i användarens bränslelager. Fördelarna med systemet är att det är okänsligt för väder. Det är ett slutet system och pelletarna

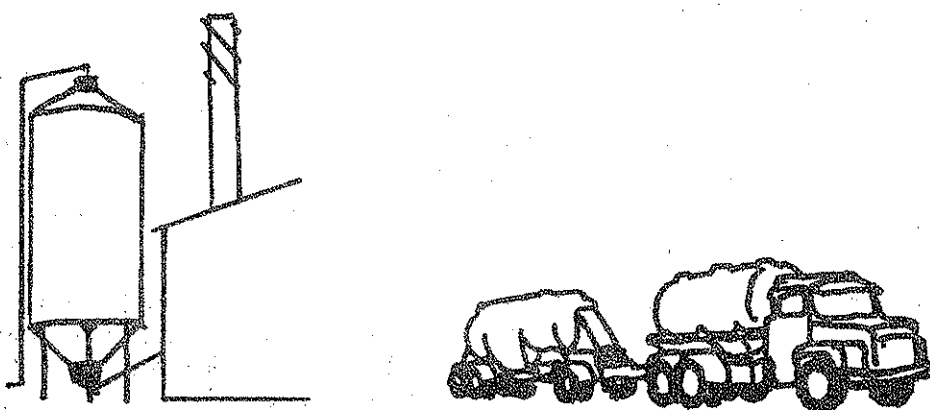


Fig. 7.1 Bulkbil och silo för transport och lagring av bränslepelletar.

kommer inte i kontakt med fukt och vatten. Användarna kan använda silos som bränslelager och man kan beställa en enkel och väldefinierad mängd pelletar, en till fem bulkulor. Nackdelarna är längre lastnings- och lossningsförfarande, buller vid lossningen samt lastbilarnas begränsade lastkapacitet, 25-30 ton.

Det är dock tänkbart att större förbrukare i framtiden kommer att bygga bränslelager med mottagningsficka, så att transportererna kan ske med flakbil. Förutsättningar för detta beror på hur pannrum och angränsande utrymmen är utformade. Det ska då vara möjligt att köra intill och tippa direkt i mottagningsfickan. Genom flakbilarnas större lastkapacitet, 35 ton, och avsevärt kortare lastnings- och lossningstider kan transportkostnaderna bringas ned betydligt.

Om marknaden för enfamiljshus kommer, kan andra distributionstekniker bli mer intressanta. Forskning och provning bedrivs idag gällande leverans med storsäckssystem av SSA/SÄBI.

Idag finns inga egentliga terminaler i distributionskedjan. I en framtid kan det dock tänkas att terminaler för färdigvara finns vid större koncentrationer av förbrukare. Tanken är att man ska köra transporter av pelletar från fabrik till terminal med flakbil, eller ännu hellre som returfrakt till råvaruleveranserna. Från terminal till användare ska transporten kunna ske med bulkbil utan släp, då transportavstånden blir korta. Dessutom ska man snabbare kunna leverera till kunden efter en beställning. Om det tidigare varit frågan om långa transporter skulle man med terminalsystemet slippa ifrån jobbet att kombinera beställningar från olika köpare för att få till en hel billeverans, dvs bil plus släp.

#### 7.4 Lager hos användaren.

De förbränningsanläggningar som har pelleteldning, har som regel konverterat en oljepanna eller bytt ut oljepannan mot en pelletspanna. I de befintliga pannrummen eller i näraliggande utrymmen finns sällan plats för ett pelletlager. Om så är fallet måste lagret byggas utomhus och då är den enklaste lösningen en bulk-silo, se fig. 7.1. Det är det förekommande systemet idag.

Silon uppföres på traditionellt vis med en stålkonstruktion. Denna kan ha en inbyggd våg för vägning av kvantiteten levererade pelletar. Matningen ska helst ske direkt från silo till panna. Därför bör silon stå i pannans omedelbara närhet och i en för frammatningen till pannan lämplig höjd. Frammatningen från silo till panna görs lämpligen med skruv. Så görs nästan uteslutande idag.

Pelletar har, som tidigare påpekats, en låg benägenhet för valvbildning och sammanfrysning. Bottenkonans lutning kan därför vara liten, ungefär 40 grader från horisontalplanet. Större lutning är dock att föredra, eftersom det ger större säkerhet mot eventuella störningar.

En silo kräver i praktiken påfyllning ovanifrån. Pelletarna överförs med tryckluft från lastbil till silo. Den senare måste vara utrustad med påfyllningsrör som mynnar i toppen av silon. Det bör vara monterat så vertikalt som möjligt, då det visat sig vara enklare att blåsa en bulkvara genom ett lodrätt än genom ett snett monterat rör. Lastbilen bör också vid påfyllning stå så nära påfyllningsrörets nedre ände och ha en så kort slanganslutning som möjligt, eftersom man bör minimera alla pneumatiska transporter i horisontalled.

En annan tänkbar metod är hantering med utbytescontainers. En container fylls med pelletar hos tillverkaren, som kör ut den till förbrukaren. Denna container ställs vertikalt med kortändan över en transportör. På kortändan öppnas ett spjäll och bränslet får rinna ned på transportören. Containern måste vara så utformad att innehållet rinner ned av sin egen tyngd. Containern får stå kvar tills ingen bränslepellet finns kvar i den. Då byts den tomma ut mot en ny, fylld container. För att man ska ha tillgång till bränsle även när en container är tom och inte vara beroende av omedelbar bränsleleverans krävs antingen någon form av mellanlager mellan container och panna eller att mottagning finns för minst två containers samtidigt. Volymen i mellanlagret skall vara så stort att det kan innehålla pelletar för några dagars behov.

Enheten för leveranskvantitet blir alltså 1 container. Volymen i mellanlager kan sällan vara så stora, varför en större förbrukare bör ha flera containers parallellt, för att inte vara beroende av leveranser under långhelger.

Vissa sidoanordningar som en tillräckligt stor och jämn plan krävs, för att man ska kunna transportera och lyfta containern till dess rätta plats. Systemet är förmodligen inte lika väl skyddat mot nederbörd som systemet bulkbil - silo.

En tredje, mer trolig metod är mottagning i en koniskt utformad bränsleficka. Den måste vara tillräckligt stor för att kunna ta emot ett fullt lastbilslass. Fickan bör var utformad så, att en lastbil enkelt kan köra intill och tippa sin last direkt i eller i en kanal som leder ner i bränslefickan.

För tippningen krävs att fickan måste vara belägen under det plan som lastbilen kör på. Det kräver antingen att omfattande schaktarbeten utförs eller att ett stort utrymme finns tillgängligt i anslutning till pannen.

För skydd mot nederbörd krävs tak och väggar omkring tippstället samt en lucka varmed tippfickan kan stängas. Takhöjden måste vara så hög att den tippning, bakåttippning eller sidtippning, som fickan är byggd för kan genomföras.

## 8. FÖRBRÄNNING.

Att använda enbart ordet pelletar som generell beteckning på komprimerade bränslen med en diameter under 25 mm vid bedömning av eldningsutrustning är inte lämpligt eftersom pelletar av olika storlek och sammansättning har mycket varierande förbrännings-egenskaper. Det påverkar utformningen av passande eldningsanläggningar för pelletar.

Vid transport i skruv smulas alltid en kvantitet av pelletarna sönder och kan ge en ojämn förbränningsbädd. Det kan också orsaka problem i transportörerna. I ett försök utfört av Termisk energiteknologi, KTH där träpelletar matades genom en siloskruv och en bränsleskruv tre gånger och uppkomna finfraktioner kontinuerligt blåstes bort uppmättes viktsreduktionen till 2,8 %. Parallella försök med torv- och torvbarkpellet gav 10,2 respektive 6,8 % viktsreduktion. Dessa resultat talar emot de erfarenheter de olika pellettillverkarna har att torv- och barkinblandning ger en hållbarare vara. För träpelletar var finfraktionen klart urskiljbar, medan de andra två pelletsorterna uppvisade en kontinuerlig fördelning från stoft till korn med några millimeters diameter (Schuster et al 1982).

Det effektiva värmevärdet för biobränslen påverkas inte av en komprimering. Fukthalten påverkar däremot energiinnehållet per viktsenhet bränsle. Om ett bränsle har en fukthalt på 50 % består det bara till hälften minus mängden aska av brännbar substans. Dessutom åtgår energi för att förångsa vattnet i bränslet. Av dessa två faktorer har för träbränslen utarbetats en formel för energiinnehållet per kg torrsubstans (Thörnqvist 1982):

$$(1) \quad W_{\text{eff}} = 19,2 - 2,45 * FH * TH^{-1} \quad (\text{MJ/kg TS})$$

där

$W_{\text{eff}}$  = effektivt värmevärde i MJ per kg torrsubstans  
19,2 = approximativt värmevärde i MJ per kg för torr ved  
2,45 = vattnets ångbildningsvärme i MJ per kg vid 20° C  
FH = träbränslets fukthalt i procent  
TH = halten torrsubstans i bränslet  
MJ/kg TS = megajoule per kilogram torrsubstans

sambandet mellan FH och TH kan skrivas

$$(2) \quad FH = 100 - TH$$

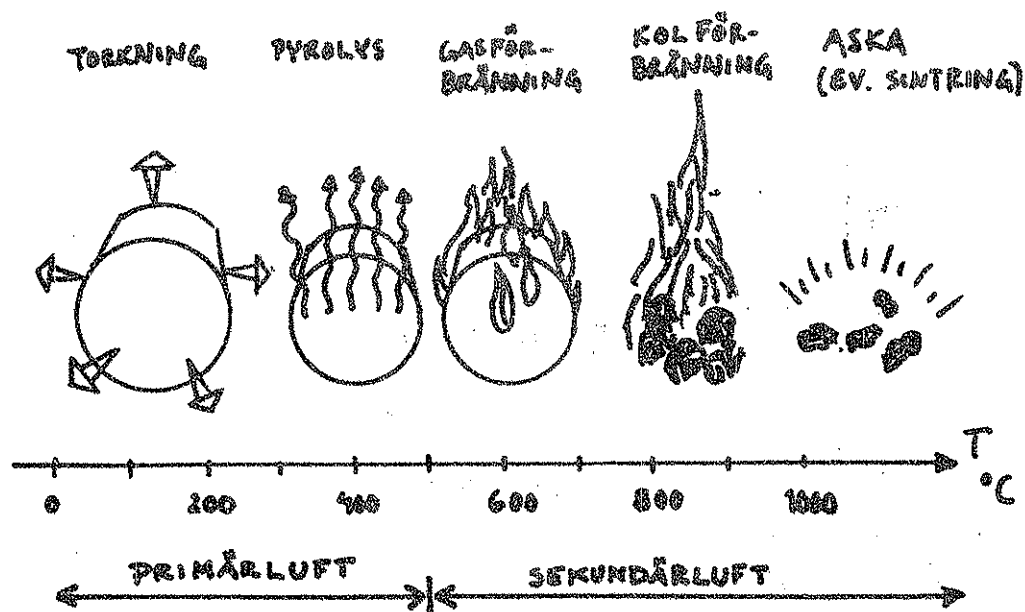


Fig. 8.1 Olika temperaturfaser vid förbränning av fasta bränslen.

För omräkning till energiinnehåll per kg bränsle multipliceras värmevärdet enligt formel (1) med  $T_H$

$$(3) \quad W = (19,2 * T_H - 2,45 * F_H) * 100^{-1} \quad (\text{MJ/kg})$$

där

$W$  = energiinnehåll per kg fuktigt bränsle

De flesta biobränslen har ungefär samma teoretiska energiinnehåll per kg i absolut torrt tillstånd. Torv har ett något högre värde än trä.

Själva omvandlingsförloppet för en bränslepellet kan uppdelas i fyra faser (Leuchovius 1983), se fig. 8.1:

- 1: Torkning
- 2: Pyrolys
- 3: Förbränning av flyktiga beståndsdelar
- 4: Restförbränning

Under torkningsfasen leds värme in i bränslepartikeln och det vatten som finns i bränslet förångas och pressas ut ur bränslet genom sin egen volymökning.

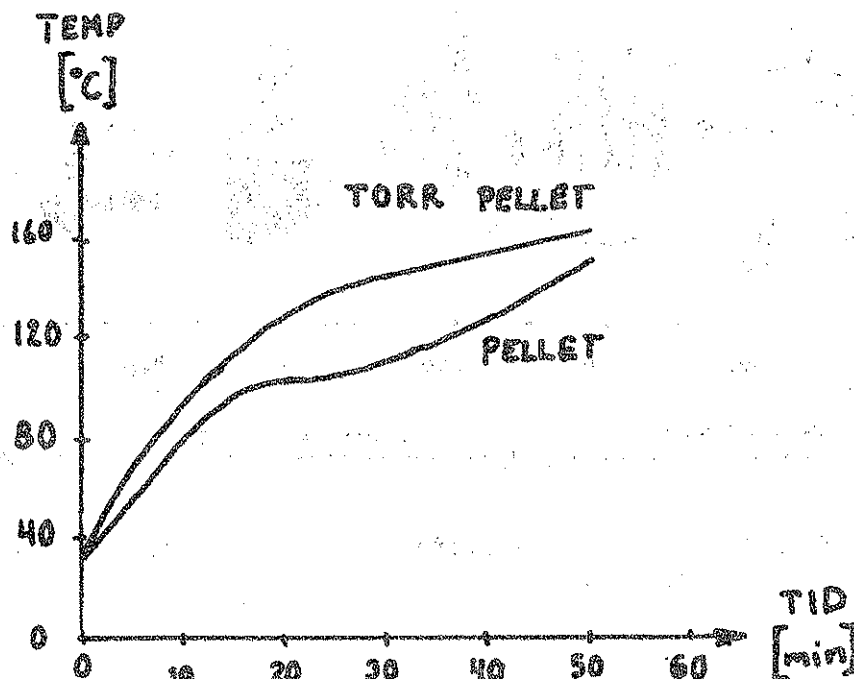


Fig. 8.2 Uppvärmningsförloppet för en bränslepellet.

Vid avgasning eller pyrolys leds värme in i materialet. Skillnaden är att i stället för vattenånga avgas här lättflyktiga i regel brännbara beståndsdelar. Till en temperatur av 773 K avgavs i ett försök (Schuster et al) 70-80 % av torrsubstansen för trä-, torvbark- såväl som torvpelletar. Återstoden utgörs av kol, aska och flyktiga beståndsdelar med en avdrivningstemperatur överstigande 773 K (500 grader C).

Kolförbränningsfasen inträder när de flyktiga beståndsdelarna av materialet förgasats och återstoden utgörs av i huvudsak kol och aska.

Vid förbränning av alla fasta bibränslen bildas en fast restprodukt, aska. Företeelsen beror på innehållet av grundämnen, företrädesvis kisel och metaller, som bildar oxider med höga smältpunkter. Ej heller som grundämne har de en låg smält- och avgasningstemperatur, varför askan uppstår i den tredje fasen, kolförbränningen. Askhalten i bränslepelletarna beror på askhalten i råvaran som pelletarna är gjord av och mängden föroreningar i råvaran.

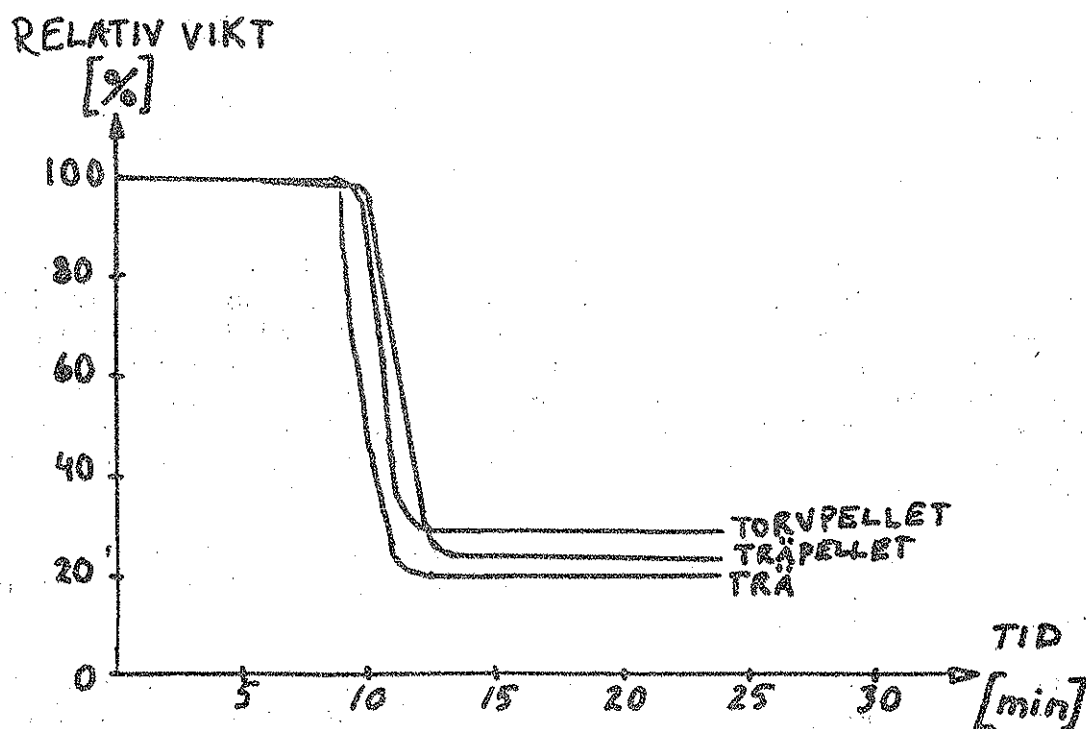


Fig. 8.3. Viktsförlust vid upphettning av en pellet till 500°C.

För förbränningsanläggningen betyder det att pannan måste ha en anordning för omhändertagande av askan. Den bör också utformas med tanke på risken att oförbrända bränslepartiklar följer med askan.

Volymen aska som bränslet ger upphov till och därmed hur systemet för omhändertagande av askan bör utformas beror på råvarans egen askhalt plus medföljande föroreningar samt hur väl pannan lyckas bränna ut bränslet.

Tabell 8.1. Askhalter i några olika biobränslen.  
I nedanstående värden ingår ej föroreningar.  
Källa: Thörnqvist (opublicerat material),  
Runnérus 1981, Anon. 1979.

Material	Medel (%)	Spridning (%)
Ved	0,4	0,3 - 0,5
Bark	2	1,5 - 3
Torv	2-5	0,5 - 15
Vass	3,8	1,2 - 7,7
Halm	6	4,7 - 8,9
Bränsleflis	1	0,5 - 1,5



Ren ved har mycket låg askhalt, medan halm visar upp en mycket hög andel aska. Torvens askhalt varierar starkt beroende på humifieringsgrad och ursprung. Vid tillvaratagande av avverkningsrester kommer vanligen mycket jord med i ris och bark. Även bark och bränsleflis kan vara mycket bemängd av föroreningar. Vass och sågspån, rätt behandlade, bör vara tämligen befriade från föroreningar.

Förbränningen av pelletar ger lätt upphov till mycket höga temperaturer, över 1000 °C. Vid så höga temperaturer som det är frågan om kan askan både mjukna och smälta. När den smälta askan kyls av stelnar den och bildar slagkakor, men även risk för glaseringsytor föreligger. Askkan kan också stelna i eller omkring oförbrända pelletar som sedan följer med askan ut. Det allvarligaste är dock om slagkakorna bildas på rosten och på så sätt hindrar lufttillförseln.

Inbakning av pelletar i sintrad aska är inte ovanligt genom att förbränningstiderna är längre och askmängderna per volymenhet större än för okomprimerat material.

Smälttemperaturen hos pelletar är också den starkt beroende av den kemiska sammansättningen. Vid flera koncentrationskombinationer av sura och basiska oxider s.k. dubbeloxider förekommer speciella tidigt smältande eutektika (eutektisk sammansättning är en blandning av två eller flera ämnen i de proportioner som ger lägsta möjliga smältpunkt). Genom sin mycket varierande kemiska sammansättning är torv svår att förutsäga askans smälttemperatur för.

Tabell 8.2 Askans smältförlopp beroende på atmosfärmiljö  
Källa: Schuster 1982.

		Mjukningstemp. ( °C )		Asksmälttemp. ( °C )	
Träpellet	oxiderande	>=	1240		1370
	neutral	>=	1220		1310
Torvbarkpellet	oxiderande	>=	1120	>	1460
	neutral	>=	1170	>	1440
Torvpellet	oxiderande	>=	1140	>	1550
	neutral	>=	1310	>	1535

Kommentarer: Träpelletarna hade en icke representativt hög askhalt (0,8). Med ledning av tidigare försök hade torvpelletarna en oförmodat hög smälttemperatur.

## 9. MILJÖFRÅGOR.

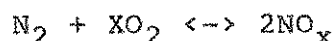
Utsläpp av föroreningar förekommer vid förbränning av alla typer av bränslen. I rökgaserna finns bl. a. svaveldioxid, kväveoxider och oförbrända gaser som kolmonoxid och kolväten samt stoft. För pelletar sker förbränning förutom hos användaren även hos tillverkaren i samband med torkningen. Vid transporter förbränns drivmedeloljor, men i en jämförelse mellan olika bränsleslag kan dessa emissioner bortses ifrån, då de kan anses lika för alla bränslen och kvantiteten försumbar.

Svavelemissionerna vid förbränning av fossila bränslen får ej enligt en speciell föreskrift överskrida 240 mg/MJ tillförd energi (Statens energiverk 1985).

Mängden  $\text{SO}_2$  som frigörs vid förbränning beror på bränslets svavelhalt. Olja och kol med 1 % svavelhalt avger mer än 10 ggr så mycket svavel till atmosfären som skogsbränsle med 50 % fukthalt per MWh (Parikka 1984). För alla sorters träbränslen och odlade biomassor är svavelrening inte nödvändig.

Mängden emitterad  $\text{SO}_2$  kan minskas genom kalktillsats i bränslet eller tvättning av rökgaserna i kalkslam. Dessa två metoder bygger på sura och basiska oxiders benägenhet att tillsammans bilda dubbeloxider. Kalk och svaveldioxid bildar bl.a. gips,  $\text{CaSO}_4 \times \text{XH}_2\text{O}$ .

Kväveoxider som uppstår vid förbränningsprocesser härrör både från bränslets innehåll av kväve och fritt kväve från förbränningsluften. Kväveoxider bildas genom två skilda reaktioner, den termiska reaktionen är bildande av  $\text{NO}_x$  från förbränningsluftens kväve och syre:



Reaktionen är starkt temperaturberoende och jämvikten förskjuts åt höger med stigande temperatur.

Bildande av  $\text{NO}_x$  sker också från kväve som finns i bränslet. Bildandet sker genom oxidation av det kemiskt bundna kvävet. Denna reaktion är mindre temperaturberoende än den förra.

Halten kväve i trä är 0,3 - 2,3 % av torrsubstansen, medan motsvarande värde för torv är 1,0 - 2,5 %.

Enligt SNV:s rekommendationer till riktlinjer för förbränning av fasta bränslen bör emissionerna av kväveoxider från koleldade kraftverk inte överstiga 280 mg  $\text{NO}_x$ /MJ tillförd energi, beräknat som  $\text{NO}_2$  och månadsmedelvärde (Timm 1984).

Kväveemissionerna vid förbränning av trä och torv är vanligen lägre än för kol. Vid konventionell förbränning av brännved är de mindre än 150 mg/MJ tillförd energi eller i samma storleksordning som för oljeeldning. För torv är värdet 150 - 250 mg/MJ (Timm 1984).

Kolväten och kolmonoxid uppstår vid ofullständig förbränning. Halten CO i rökgaserna används som indikator på graden av förbränning. Problemen tycks vara mindre i stora pannor än i små. Komprimerade bränslen med en låg och jämn fukthalt tycks lättare kunna nå låga halter av kolmonoxid än flis och torv.

Rökgaser innehåller fasta partiklar av olika storlekar. Partiklarna utgörs dels av rent kol som bildas vid ofullständig förbränning, dels av askpartiklar som till största delen består av metalloxider och metallsilikater. För stoftavskiljning används multicyklon, textilfilter eller elektrofilter (Parikka 1984).

Tabell 9.1 Emissioner till atmosfären av dominerande föroreningskomponenter (kg/MWh).

Källa: Parikka 1984.

Bränsle	Olja	Kol	Torv	Skogsbränsle
SO <sub>2</sub>	1,75	1,7-7,4	0-0,57	< 0,17
NO <sub>x</sub>	1,32	0,86	1,56	2,6
Stoft	0,04	13,2	7,4	1,7

#### Anmärkningar

Svavelhalt: kol 0,7-3 %  
olja 1 %

Fukthalt: torv 50 %  
skogsbränsle 50 %

Vid förbränning av olja, kol, flis och torv i oförädlad form sker alla utsläpp vid förbränningen, d.v.s. vid konsumenten. Eluppvärmning har inga utsläpp vid förbrukningsstället, men de negativa miljökonsekvenserna finns vid produktionsstället samt eventuellt någon annanstans. Pelletar ger huvuddelen av sina utsläpp vid konsumenten och resten vid pelletindustrin. Fördelningen beror på hur stor andel av råvaran som återförs till torkning och mängden stödolja som åtgår till torken. Om 15 % av råvaran återförs och 10 liter stödolja använts sker c:a 15 % av emissionerna av stoft och NO<sub>x</sub> och 30 % av svavelemissionerna vid pelletindustrin om värdena i tabell 9.1 antas och skogsbränsle utgör pelletråvara.

De totala utsläppen av  $\text{NO}_x$  är förmodligen högre för pelletar än för pelletråvaran beroende på den högre förbränningstemperaturen. Andelen  $\text{CO}_2$  och andra ofullständigt förbrända gaser bör vara lägre än om råvarorna skulle förbränts direkt eftersom pelletar håller en jämnare fukthalt och kvalitet. Det gör att förbränningen lättare kan regleras. I övrigt kan emissionerna anses jämförbara med de som förbränning av råvarorna skulle gett upphov till.

De pelletar som finns på marknaden innehåller 0,5 - 2 % aska. Vid pannorna samlas askan upp i en container och deponeras på sop-tippen.

## 10. EKONOMISKA KALKYLER.

### 10.1 Bränsleekonomi.

För att tillverka pelletar, som är en energibärare, behövs insatser av energi i form av råvara, olja till torkning och elektricitet. För att tillverka ett ton pelletar med en fukthalt på 12 % behövs 880 kg TS råvara. Om råvaran håller en fukthalt på 50 % är energiinnehållet per kg TS:

$$(1) \quad W_{\text{eff } 50} = 19,2 - 2,45 * 50 / 50 = 16,75 \text{ MJ/kg TS}$$

För massan 880 kg blir energin:

$$W = 16,75 * 880 = 14740 \text{ MJ (4094 kWh)}$$

I torkningsprocessen bringas fukthalten ned från 50 till 15 % . Resterande torkning sker i samband med efterkommande malning och pelletpressning. Skillnaden i energi eller den energi som teoretiskt måste tillföras materialet vid torkningen kan uttryckas  $W_{15} - W_{50}$ .

$$W_{15} = 19,2 - 2,45 * 15 / 85 = 18,77 \text{ MJ/kg TS}$$

Den teoretiska energiåtgången blir då:

$$W_{15-50} = 18,77 - 16,75 = 2,02 \text{ MJ/kg TS}$$

För att torka 880 kg fördras följaktligen:

$$W = 2,02 * 880 = 1778 \text{ MJ}$$

Om torkningen helt sker med eldningsolja 1 (Eol) och brännare plus tork har en total verkningsgrad på 70 % åtgår:

$$W_{olja} = 1778 / 0,70 = 2540 \text{ MJ (706 kWh)}$$

En m<sup>3</sup> Eol innehåller 35,87 GJ (Beijbom 1980), vilket motsvarar 35,87 MJ per liter. Mängden olja som åtgår för att torka råvara till ett ton pellet blir då:

$$V = 2540 / 35,87 = 71 \text{ liter.}$$

De undersökta företagens elförbrukning låg mellan 180 och 250 kWh per producerad ton pellet. Om man antar en förbrukning på 200 kWh per ton motsvaras det av 720 MJ/ton.

Tabell 10.1 Total mängd tillförd energi per ton färdiga pelletar vid torkning med olja:

Råvara	14740
Olja	2540
El	720
SUMMA	18000 MJ (5000 kWh)

Energiinnehållet i ett ton färdig pellet med fukthalt av 12 % blir per kg och totalt:

$$(1) W_{12} = 19,2 - 2,45 * 12 / 88 = 18,87 \text{ MJ/kg TS}$$

$$W_{ton} = 18,87 * 880 = 16606 \text{ MJ (4612 kWh)}$$

För att producera ett ton pellet med en fukthalt på 12 % av råvara med 50 % fukthalt och torkning med olja åtgår totalt 18000 MJ varav 16606 MJ eller 92,3 % återstår som pelletar.

Om torkningen i stället helt sker med torkat pulver från torken (fukthalt 15 %) måste mer råvara tillföras. Den tillförda mängden ska dels räcka till pelletarna som ska produceras, dels till att torka sin egen massa. Värmevärdet i torkat pulver är  $W_{15}$  (18,77 MJ/kg TS). Om verkningsgraden för torkning även nu antas till 70 % och den kvantitet torrsubstans som fordras för torkningen betecknas med X kan följande ekvation ställas upp:

$$(13) \quad 2,02 * (880 + X) = 18,77 * X * 0,70$$

Löses X ur ekvationen fås 160 kg TS. Total åtgång av råvara blir då  $880 + 160 = 1040$  kg TS. Energin i råvaran är:

$$W = 1040 * 16,75 = 17420 \text{ MJ (4839 kWh)}$$

Tabell 10.2 Total energiåtgång per ton färdiga pelletar vid torkning med pulver av råvara.

Råvara	17420
El	720
SUMMA	18140 (5039 kWh)

Vid torkning med pulver av råvara har 18140 MJ tillförts och 16606 MJ eller 91,5 % återstår i form av pelletar. Av den tillförda råvaran (1040 kg) har 160 kg (15,4 %) återförts.

I de befintliga anläggningarna används vid torkningen en mindre kvantitet olja. Kvantiteten råvara som fordras för torkningen minskar då med den energimängd som oljan bidragit med. Sambandet mellan nödvändig och tillförd energi kan skrivas:

$$(14) \quad 880 * W_{t-r} + X * W_{t-r} = V * W_{olja} * n + X * W_t * n$$

Tabell 10.3 Procentuell andel av råvara som används i torkningen vid olika fukthalt på råvara, fukthalt efter torkningen och verkningsgrad på torken.

Fukthalt på råvara i %	Fukthalt efter torkning i %			
	15	18	20	22
<hr/>				
Verkningsgrad 70 %				
45	12,0	11,2	10,7	10,1
50	15,4	14,6	14,1	13,6
55	19,5	18,8	18,3	17,8
60	24,7	24,0	23,5	23,0
<hr/>				
Verkningsgrad 75 %				
45	11,2	10,5	10,0	9,5
50	14,3	13,7	13,2	12,7
55	18,2	17,6	17,1	16,6
60	23,0	22,4	22,0	21,5
<hr/>				

Om X löses ut fås:

$$(15) \quad X = (880 \cdot W_{t-r} - V \cdot W_{olja} \cdot n) \cdot (W_t \cdot n - W_{t-r})^{-1}$$

Där:

- X : mängden råvara som åtgår till torkning (kg TS)
- $W_{t-r}$  : skillnaden i effektivt värmevärde per kg TS mellan råvara efter och före tork (MJ/kg TS)
- V : volym olja som används i torkningen per ton producerad pellet (liter)
- $W_{olja}$  : oljans effektiva värmevärde per liter (MJ/liter)
- n : torkens verkningsgrad
- $W_t$  : råvarans effektiva värmevärde per kg TS efter torkningen (MJ/kg TS)

Antag att råvaran torkas från 50 till 15 % fukthalt och torkens verkningsgrad är 70 % samt att 10 liter stödolja används. Med insättning i formel (15) beräknas kvantiteten råvara som behövs för torkningen.



$$(15) \quad X = (880 \cdot 2,02 - 10 \cdot 35,87 \cdot 0,70) \cdot (18,77 \cdot 0,70 - 2,02)^{-1}$$

$$X = 137 \text{ kg TS}$$

Under ovan nämnda förutsättningar åtgår totalt  $137 + 880 = 1017$  kg TS råvara (17035 MJ), 10 liter olja (359 MJ) och 200 kWh el (720 MJ).

Tabell 10.4 Exempel på total energiåtgång vid torkning med pulver och stödolja.

Råvara	17035
Olja	359
El	720
SUMMA	18114 MJ (5032 kWh)

Vid torkning med pulver plus stödolja enligt ovanstående exempel har 18114 MJ tillförts och 16606 MJ eller 91,7 % återstår som pelletar. Av råvaran har 137 kg TS (13,5 %) använts till torkning.

I det senast nämnda fallet återfinns 91,7 % av energin i pelletarna. Om verkningsgraden höjs från 80 % vid eldning av bark och sågspån till 85 % för eldning med pellet utnyttjas 78,0 % av energin i pelletråvarorna gentemot 80 % vid förbränning i oförädlad skick.

## 10.2 Kostnader för råvaror och energi.

Med råvara av 50 % sågspån och 50 % bark åtgår omkring  $6 \text{ m}^3$ s råvara för att få 880 kg TS eller råvara till ett ton pelletar. En  $\text{m}^3$ s motsvarar ca 145 kg TS.

Priserna för spån och bark är c:a 50 resp 35 kr/ $\text{m}^3$ s. Priset för olja beräknas vara 2700 kr/ $\text{m}^3$  eller 2,70 kr/liter och för el 29 öre/kWh.

I fallet med ren oljetorkning behövs  $880/145 \text{ m}^3$ s råvara, hälften vardera spån och bark. Kostnaden för råvaror och energi blir:

Tabell 10.5 Exempel på kostnader för råvaror och energi  
per ton färdig vara vid torkning med olja (kr).

Råvaror		
Sågspån	50*0,50*880/145	152
Bark	35*0,50*880/145	106
Olja	71*2,70	185
El	0,29*200	58
SUMMA		501

Tabell 10.6 Exempel på kostnader för råvaror och energi  
per ton färdig vara vid torkning med pulver  
och 10 liter stödolja (kr).

Råvaror		
Sågspån	50*0,50*1016/145	175
Bark	35*0,50*1016/145	123
Olja	2,60*10	26
El	0,29*200	58
SUMMA		382

Skillnaden i kostnad för råvaror och energi mellan oljetorkning och torkning med torkad pelletråvara plus marginell mängd stödolja är under ovanstående förhållanden omkring 100 kr per ton producerad pellet.

Med en anläggning som kan bemannas av två man per skift och med en produktionskapacitet av 5 ton pellet per timme kan vid drift dagtid utnyttja endast 6 timmar per dag p.g.a. tid som åtgår för start och stopp. Per år kan då c:a 6 000 ton produceras. Om däremot tvåskift brukas ökar drifttiden till 14 timmar/dygn eller 66 timmar per vecka. Årsproduktionen ökar då till omkring 14 000 ton. Vid intermittent 3-skift blir det 112 tim/vecka och i runda tal 25 000 ton/år.

Årskostnaden per anställd ligger mellan 150 000 och 175 000 kr. Vid drift endast dagtid kan kostnaden anses ligga vid den undre gränsen medan vid treskift ligger kostnaden vid den övre.

Utöver ordinarie bemanning per skift fordras en arbetsplatschef. Som förenkling antas i tabell 10.7 samma kostnad för denne som för övriga anställda, dock har lönekostnaden per anställd höjts för dagtids- och tvåskiftsalternativen.

Arbetskraftkostnaden per ton kan beräknas enligt formel (16):

$$(16) \quad K_{ak} = (1 + a * s) * k_{år} / Q$$

Där:

$K_{ak}$  : kostnad för arbetskraft per ton (kr/ton)  
 $a$  : antal anställda per skift  
 $s$  : antal skift  
 $k_{år}$  : kostnad för anställd per år (kr/år)  
 $Q$  : producerad kvantitet pellet per år (ton/år)

Tabell 10.7 Exempel på arbetskraftskostnad för produktion av pelletar vid några olika årsvolymer och en maskinell kapacitet av 5 ton/tim.

årlig produktions- kvantitet	antal skift	bemanning per skift	årskostnad per anställd	kostnad per ton
3 000	1	2	160 000	160
6 000	1	2	160 000	80
10 000	2	2	170 000	85
14 000	2	2	170 000	61
15 000	3	2	175 000	82
20 000	3	2	175 000	61
25 000	3	2	175 000	49

Kommentar: Beräkningarna förutsätter att säsongsanställning ej är möjlig.

Kostnaden för arbetskraft ligger idag för samtliga företag över 100 kr/ton. Det beror på att det finns en överkapacitet i arbetsstyrkan, i något fall flerdubbel. Hos de två fodertorkarna är arbetsstyrkan avpassad efter behovet vid foderpelletering medan hos de två andra föreligger en beredskap för ökande marknad. De olika företagens årsproduktion var så liten under den gångna vintern att det var svårt att anpassa arbetsstyrkan exakt.

Kostnad för slitdelar och underhåll varierar mycket kraftigt mellan olika företag. Företaget med de billigaste kostnaderna för underhåll ligger på 10 kr/ton, medan de dyraste ligger på 75 kr/ton. Ungefär 40 kr torde vara rimligt.

Kostnad för traktor inklusive drivmedel för denna ligger på c:a 20 kr/ton.

Även för administration varierar kostnaderna mellan företagen. Den främsta orsaken torde vara om kostnad för arbetsplatsledare är redovisad i lönekostnaderna. Dessutom varierar omfattningen av marknadsföringsåtgärder. Med den beräkning som är utförd i detta kapitel över arbetskraften har kostnad för platschef medtagits och redovisas inte här. Kostnad för administration och marknadsföring torde kunna vara 30 kr/ton.

Tabell 10.8 Tillverkningskostnader för ett ton pelletar.

	Kr/ton
Råvara <sup>1)</sup>	
Sågspån	175
Bark	123
Olja	26
El <sup>2)</sup>	75
Arbetskraft <sup>3)</sup>	85
Underhåll	40
Traktor	20
Administration	30
SUMMA	574

1) Torkning sker här med pulver plus stödolja. Kostnaderna för råvara och olja är hämtade från tabell 10.6 .

2) Utöver kostnaden per kWh enligt tabell 10.6 har abonnemangsavgiften lagts till.

3) Beräknat på en årlig produktion av 10 000 ton enligt tabell 18.7 .

### 10.3 Ekonomi hos pelletanvändare

De tre anläggningar som ingår i undersökningen har konverterat till pelleteldning genom montering av en pelletbrännare i en av de två oljepannor som fanns i värmecentralen. Vid konverteringen har brännaren givits en effekt som är 50 - 85 % av pannans effekt. Med denna lägre effekt har pelletpannan inte klarat toppbelastningarna, utan den andra pannan har fått svara för värmeförsörjningen på marginalen. Då tekniken är tämligen ny har driftstörningar förekommit och oljepannan har även vid dessa tillfällen fått gå in som reservpanna.

För att exemplifiera ekonomin för värmecentraler med pelleteldning redovisas här tre olika pelletkonverteringar: den första med en effekt av 150 kW, den andra med 1,0 MW och den tredje med 110 kW.

I nedanstående beräkningar har följande energipriser och energiinnehåll antagits:

Eldningsolja 1	2 600 kr/m <sup>3</sup>	10,0 MWh/m <sup>3</sup>
Pelletar	790 kr/ton	4,63 MWh/ton
Elektricitet	290 kr/MWh	

#### Fall 1:

Pannans effekt är 290 kW, medan pelletbrännarenheten har en effekt på 150 kW. Bränslet lagras i en silo på 22 m<sup>3</sup>.

Tidigare förbrukades 185 m<sup>3</sup> eldningsolja 1 per år. Efter konverteringen täcks enbart 65 % av uppvärmningsbehovet med pelletar. I gengäld kan pelletpannan köras med full eller nästan full effekt under större delen av året. Problemen med sinterbildning kan därmed reduceras avsevärt. Investeringen får också en betydligt högre utnyttjandegrad.

Tabell 10.9 Bränslekostnader för fall 1 efter pelletkonvertering jämfört med fortsatt oljeuppvärmning.

Bränsle	Pelleteldning		Oljeeldning	
	Kvantitet	Kostnad Kr	Kvantitet	Kostnad Kr
Olja	65 m <sup>3</sup>	169 000	185 m <sup>3</sup>	481 000
Pelletar	250 ton	197 500	---	---
SUMMA BRÄNSLEKOSTNADER		366 500		481 000

Den årliga kostnadsförbättringen för bränsle är alltså 114 500 kr. Det ska ställas mot investeringskostnaden för brännarenhet plus lagersilo som är 250 000 kr. Pay-offtiden blir då drygt två år, vilket får ses som en mycket god investering.

Dock tillkommer andra kostnader. Tillsyn för sotning, slaggrensning och askutmatning blir betydligt mer omfattande. Dessutom måste askan omhändertas på ett tillfredsställande sätt.

#### Fall 2:

Pannan har en effekt på 1 MW, men uttaget kan uppgå till 1,3 MW. Bränslelagret är en silo på 70 m<sup>3</sup> placerad utomhus. Under sommaren är värme- och varmvattenbehovet litet och tillgodoses av en elektrisk varmvattenberedare. Det totala årliga energibehovet är 2154 MWh.

Tabell 10.10 Tillförd och uttagen energi vid pelleteldning och fortsatt oljeeldning i fall 2.

Bränsle	Pelleteldning	Oljeeldning
Olja, m <sup>3</sup>	64,5	285,9
tillförd energi, MWh	645	2859
verkningsgrad, % <sup>1)</sup>	70,0	75,0
uttagen energi, MWh	451	2144
Pelletar, ton	453,5	
tillförd energi, MWh	2099	
verkningsgrad, %	80,7	
uttagen energi, MWh	1693	
Elektricitet		
tillförd energi, MWh	11	11
verkningsgrad, %	90,9	90,9
uttagen energi, MWh	10	10
SUMMA UTTAGEN ENERGI	2154	2154

1) Som spetslast och reservpanna får oljeeldningen en lägre verkningsgrad än som huvudpanna beroende på korta körtider och lågt utnyttjande av panneffekten.

Pelletar har svarat för 78,6 % av värmebehovet. Oljan har huvudsakligen använts vid driftsstörningar då pelletpannans effekt klarar nästan hela värmebehovet även vid spetslast. De utförda modifieringarna av tekniken bör leda till ökad driftstillgänglighet av pelletpannan.

Tabell 10.11 Bränslekostnader för fall 2 efter pelletkonvertering jämfört med fortsatt oljeuppvärmning.

Bränsle	Pelleteldning		Oljeeldning	
	Kvantitet	Kostnad kr	Kvantitet	Kostnad kr
Olja	64,5 m <sup>3</sup>	167 700	285,9 m <sup>3</sup>	743 340
Pelletar	453,5 ton	358 265	---	---
El	11 MWh	3 190	11 MWh	3 190
SUMMA BRÄNSLEKOSTNADER		529 155	746 530	

Investeringen i bränslelager, brännare och transportörer har uppgått till 717 000 kr. Samtidigt har emellertid ett bidrag från Statens energiverk erhållits på 134 000 kr. Nettoinvesteringen har därför varit 583 000 kr. Den tillsyn som drift och underhåll kräver har orsakat en merkostnad på 43 000 kr/år, vilket ska reduceras från 217 375 som är besparingen i bränsleutgifter. Pay-offtiden blir med ovan nämnda kostnader c:a 3,5 år.

#### Fall 3:

Konvertering har skett genom installation av en ny pelletpanna med en effekt på 110 kW. Till bränslelager har det tidigare kolförrådet utnyttjats.

Denna anläggning är ett exempel på en investering vilken aldrig borde ha genomförts ur ekonomisk aspekt. Energibehovet för ett år uppgår till 212,3 MWh. Vid oljeeldning med en verkningsgrad på 75 % blir kostnaden för bränsle enligt formel (17) :

$$(17) \quad K = W_{ar} * t * n^{-1} * (W_{br})^{-1} * K_{br} \quad (\text{kr/år})$$

Där:

K : årliga kostnaden för bränslet (kr/år)

$W_{\text{år}}$  : årliga energibehovet (MWh/år)

t : bränslets andel av årsbehovet

n : pannans verkningsgrad

$W_{\text{br}}$  : bränslets energiinnehåll (MWh/m<sup>3</sup>)

$K_{\text{br}}$  : pris för bränslet (kr/m<sup>3</sup>)

$$(17) \quad K = 212,3 * 0,75^{-1} * 10,0^{-1} * 2600 = 73.600 \text{ kr/år}$$

Om man för en konvertering kalkylerar med en tillgänglighet för pelletspannan på 90 %, en verkningsgrad för densamma på 80 %, energiinnehåll i pelletar på 4,63 MWh/ton, pelletpris på 790 kr/ton och verkningsgrad på oljepannan på 70 % blir bränslekostnaden enligt (17):

$$(17) \quad K = 7.890 + 40.750 = 48.640 \text{ kr/år}$$

Inbesparingen på bränsle blir då omkring 25 000 kr/år. De ökade tillsynskostnaderna har av ägaren uppskattats till 16 000 kr/år, vilka dock får anses höga. Nettobesparingen blir då 9 000 kr/år. Nettoinvesteringen efter bidrag är 184 400, som svårligen kan täckas av den återbetalning pannan ger.

Av de tre fallen visar fall 1 bäst och fall 3 sämst ekonomi. I det sistnämnda fallet är möjligheterna till oljesubstitution alldeles för små, tidigare årskonsumtion av olja var 33 m<sup>3</sup>, för att kunna betala av investeringskostnaderna. I investeringen ingår inte bara pelletbrännare utan också en ny panna, vilket har höjt kostnaden.

Fall 1 och fall 2 visar båda god ekonomi. Men de är planerade efter olika mönster.

Fall 1 hade innan konvertering en årsförbrukning av olja på 185 m<sup>3</sup>. Den installerade pelletbrännaren gavs en effekt på 150 kW och skulle agera baslast över hela året. Den kvarvarande oljepannan får träda in i betydande omfattning som topplast. Olja har svarat för 35 % av den tillförda energin. Genom att pelletspannan får gå för full eller hög effekt undviks problemen med sinterbildning och verkningsgraden hålls på en hög och jämn nivå.



Fall 2 hade innan konvertering en högre årlig oljeförbrukning än fall 1, 285 m<sup>3</sup>. Pelletbrännaren installerades med avsikt att klara större delen av värmebehovet. Den andra pannan avsågs huvudsakligen vara reservpanna. Pelletpannan fick därför en effekt på 1 MW. På grund av diverse tekniska problem har dock olja fått stå för 21 % av energibehovet.

Investeringskostnaden per installerad kilowatt sjunker med ökande storlek på brännaren. Därför är pelleteldning mer intressant ju större energibehov anläggningen har. Men i förhållande till det maximala effektbehovet tycks det vara mer fördelaktigt att investera i en mindre brännare, som kan hålla ett högt utnyttjande under stor del av året.

## 11. DISKUSSION OCH SLUTSATSER

Eldning med pelletar ger en bränslekostnad som är ungefär 1 000 kr lägre per  $m^3$  ersatt eldningsolja. Att konvertera från oljeeldning innebär dock en avsevärd investering som omöjliggör en ekonomisk förbättring för små värmecentraler. Oljeförbrukningen före konvertering bör ligga över 50  $m^3$ /år för att lönsamhet ska vara möjlig. Ekonomin för villapannor avsedda för pelleteldning har dock inte studerats i denna undersökning.

Sett ur ren bränslekostnadssynpunkt är inte pelletar det bästa alternativet. Helved, flis, halm etc. har en betydligt lägre kostnad. Men för dessa bränslen krävs en mer omfattande hantering och tillsyn. För en privatpersons bostadsuppvärmning kan ett sådant merarbete accepteras i mån av tid, medan där merarbetet måste betalas, blir värmekostnaden för dessa bränslen betydligt högre.

När eldningsanläggningarna blir större kan även mer lågkvalitativa bränslen som flis hanteras rationellt. Genom en högre bränsleförbrukning kan förbränningslagret få en snabbare omsättning och då minskas problemen med mögelbildning. Den lägre bränslekostnaden för flis väger då upp den högre hanteringskostnaden och mögelproblemen är då acceptabla.

Pelletar kan teoretiskt tillverkas av flera material, men olika skäl har begränsat råvarorna till sågverkens biprodukter och torv.

Förbränning av pelletar sker vid en temperatur i regel överstigande 1 000°C. Förbränning av halm måste ske under 1 000°C för att sintring av den stora andelen aska ej skall uppstå. Eftersom komprimering är önskvärd bör bränsleförädlingen med fördel kunna riktas in mot rullbrikettering. Förbränning av briketter sker vid en något lägre temperatur än pelletar och vid rullbrikettering behöver inte halmen vare sig sönderdelas eller torkas. Brikettering kan då även ske med mobila enheter.

Enligt en finsk undersökning (Wilén 1985) har man med en tillsats av 4 % kaolin i halmpelletar lyckats höja mjukningstemperaturen från c:a 750°C till 1300°C. En teknisk öppning kan alltså vara på väg för halmpelletar. Men en högre smälttemperatur erhålls genom en höjd askhalt. Med en tidigare askhalt på omkring 6 % blir askhalten med kaolin 10 %. Det innebär i viss mån att man enbart flyttar problemet.

Bränsleflis är en dyrare råvara än sågspån. Vid substitution måste andelen flis-bark vara c:a 60-40 gentemot 50-50 för spån-bark om en likvärdig produkt ska erhållas. Det beror på den andel bark som flisen själv innehåller. Dessutom fordrar flisen mer bearbetning i form av malning. Kostnaden för råvaror och energi skulle stiga med närmare 200 kr/ton om bränsleflis skulle användas i stället för sågspån.

Torv är dyrare som pelletråvara än spån och bark. Torkningen är också mer krävande då torven ofta är fuktigare än de andra råvarorna. Även för torv har större värmecentraler möjligheter att hantera ett ringa förädlat bränsle och därur få en billigare värme än genom ett pelleterat. Men ska torven transporteras längre sträckor kan pelletering ändå bli aktuell.

För vass är bilden om teknik och lönsamhet i tillvaratagandet ännu oklar. I likhet med halm kan rullbrikettering anses som en troligen lämpligare metod för förädling än pelletering.

Sopförbränning förekommer idag på några orter i landet. Från returpapper som ej kan återvinnas till pappersråvara, plast och annat tillverkas idag brinipelletar, ett slags briketter, av ett företag. Snickeriavfall briketteras idag i den mån någon bränsleförädling sker.

För förbränning kan pelletar av olika råvaror inte anses kvalitetsmässigt likvärdiga. Största skillnaden ligger i askhalt och askans smälttemperatur. Ett system för eldning av träpelletar kan knappast elda halmpelletar utan att problem med asktillvaratagande och/eller sintring uppstår. Bark/spån-pelletar innehåller en ganska låg och förutsägbar askhalt, medan torvens askhalt varierar inom vida gränser och dessutom kan asksmälttemperaturen variera. Torvpelletars kvalitet kan därför vara mycket olika.

Pelletindustrins inriktning på spån/bark är därför ganska logisk. En expansion till andra råvaror än torv verkar inte trolig.

För råvaru- och färdigvarutransporter finns lämpliga transportsystem. För transporter av olika slags skrymmande råvaror är flisbilar lämpliga. Spån, bark och flis har ungefär lika skrymdensitet och då sågverken har maskinell utrustning för tillvaratagande av massaflis, kan den tekniken utnyttjas även för omhändertagande och lastning av spån och bark.

För färdigvarudistribution krävs att varan skyddas från vatten. Med bulkbilarna har även på detta område hittats en gångbar teknik. Lagring av färdigvara sker huvudsakligen i silos, vilka fylls med hjälp av kompressorer på bulkbilarna. Tillsammans utgör de ett komplett distributionssystem för färdigvara. På grund av den långa tid som åtgår för lastning och framför allt lossning kan viss utveckling av distributionssystemet komma att ske.

De fem undersökta pelletindustrierna har en total tillverkningskapacitet för bränslepelletar på ungefär 80 000 ton per år. Dessutom finns andra valltorkar i södra Sverige. Med begränsade investeringar bör dessa kunna byggas om till att även kunna tillverka bränslepelletar. Om man räknar med att valltorkarna under den tid på året man inte är sysselsatt med fodertillverkning kan producera bränslepelletar, torde den totala kapaciteten för detta ändamål inte understiga 200 000 ton per år. Under perioden 840701 - 850630 tillverkades 14 000 ton. Pelletindustrin kan därför klara en mångdubbling av marknaden om inte geografiska hänsyn måste tas.

Många förbränningsanläggningar befinner sig fortfarande på prototypstadiet. Endast ett fåtal pelletbrännare har kommit ut i större serier. Därför är drifttillgängligheten inte sällan under den önskvärda. Den gångna eldningssäsongen har dock gett tillverkarna driftserfarenheter, vilket bör utmynna i bättre brännare.

Vissa brännare är avsedda för flera sorters förädlade bränslen. Erfarenheter från Kristianstad tyder på att problem i form av tillbakabrand i stokerskruven kan uppstå. Därför kan dessa brännare vara mindre lämpliga.

Förbränningssidan är troligen det område där utvecklingen kommer att gå snabbast den närmaste tiden. Driftserfarenheter kommer att ge en teknisk utveckling. Några brännartillverkare har under senaste året gått i konkurs och man får förmoda att ytterligare några får lämna marknaden.

## 12. LITTERATUR.

- Aho, M. 1984: Combustion and pyrolysis study of pellets made of straw, wood waste and peat. Proceedings of Bioenergy 84, Gothenburg. Volume IV. London.
- Anon., 1979: Torv i Sverige. Planeringsrapport. NE 1977:1. Stockholm.
- Anon., 1981: Torv Resultat, utvecklingsläge och förutsättningar. Nämnden för energiproduktionsforskning NE 1981:5.
- Anon., 1983: Energitillförsel. Förslag till forskning och utveckling efter 1984. NE 1983:14.
- Beijbom, L. 1984: Biopell. Nämnden för energiproduktionsforskning. Projektresultat 1980:17. Stockholm.
- Berthet, J. 1984: Pelleting biomass for energy Proceedings of Bioenergy 84, Gothenburg. Volume III. London.
- Björk, S. & Granéli, W. 1980: Energivass. Nämnden för energiproduktionsforskning. NE 1980:12.
- Bossel, U. 1984: Production and marketing of briquettized and pelletized solid biomass fuels. Proceedings of Bioenergy 84, Gothenburg. Volume I. London.
- Dahlvig, G. 1982: Energi Faktabok. Liber Yrkesutbildning. Falköping.
- Englund, A. 1981: Sägverk 79, del 1. Institutionen för virkeslära. Rapport 119. Uppsala.
- Industridepartementet, 1985: Riktlinjer för energipolitiken. Regeringens proposition 1984/85:120. Stockholm.
- Karlsson, O. & Andersson, L. 1981: Vasskörd i Köping. Västmanlands Energiförening.
- Larsson, L.-E. 1982: Torvtillgångar i Sverige. Sveriges geologiska undersökningar. NE 1982:11.
- Leuchovius, T. (ed.) 1983: Gårdsvärme. Ved, halm, torv, värmepump. Helsingborg.
- Lönner, G. & Parikka, M. 1985: Trädbränslen. Institutionen för skogsteknik - Uppsatser och Resultat Nr 18/1985.
- Masson, H.A. 1984: Fluid bed combustion of biomass pellets. Proceedings of Bioenergy 84, Gothenburg. Volume IV. London.

- Miller, A. 1984: Development of new automatic pellet burners. Proceedings of Bioenergy 84, Gothenburg. Volume IV. London.
- Nilsson, P.O. 1983: Energi från skogen. NE 1983:9.
- Parikka, M. 1984: Värmeproduktionskostnad för skogsbränsle i jämförelse med kol. Skoglig marknadsinriktning. Examensarbete. Uppsala.
- Ravnsborg, J. & Lövgren, B.-E. 1984: Pelletseldning på fast rost i modifierade småpannor. Statens energiverk (STEV)-FBA-84-17.
- Runnéus, A. 1981: Vass som energikälla. Nämnden för energi-produktionsforskning. NE 1981:4.
- Schuster, R. m.fl. 1982: Pellets som bränsle. Nämnden för energi-produktionsforskning. NE/FBA-82/10. Stockholm.
- Schuster, R. 1983: Pellets som bränsle II - En studie över metoder och utvecklingsvägar vid förbränning av pellets. Statens energiverk (STEV)-FBA-84/5.
- Skogsstyrelsen, 1985: Skogsstatistisk årsbok 1985. Sveriges officiella statistik. Motala.
- Skogsstyrelsen-SIND, 1983: Ökad eldning med skogsråvara. Statens industriverk. PM 1983:9. Stockholm.
- SMS, Svensk Mekanstandardisering 1984: Svensk standard SS 18 71 06. SMS reg. 120.0106.
- SPK, Statens pris- och kartellnämnd 1984: Priser på inhemska bränslen 1983-84.
- Statens energiverk, 1985: Torv, hälsa, miljö. Stockholm.
- Stridsberg, S. 1984: Framtagning av tekniska lösningar för hantering av olika bränslesortiment vid fastbränsle-anläggningar. Statens energiverk (STEV)-FBA-84-15.
- Ståhlberg, P., Wilén, C. & Horvath, A. 1985: Straw pelletization and use of pellets as fuel. Vakolan tutkimosselostus. NRO-40. Vihti.
- Thörnqvist, T. 1982: Betydelsen av tak och luftigt underlag vid lagring av bränsleflis. Institutionen för virkeslära. Uppsala.
- Timm, B. 1984: Environmental effects of wood and peat combustion. Proceedings of Bioenergy 84, Gothenburg. Volume IV. London.
- TNC, Tekniska nomenklaturcentralen 1984: Energiordlista. TNC 81. Stockholm.

Vesterinen, R. 1984: Emissions from the small-scale combustion of wood and peat. Proceedings of Bioenergy 84, Gothenburg. Volume I. London.

Wilén, C. 1982 : Lagring av torvpellets och deras klimatresistens. Statens tekniska forskningscentrum, Bränsle- och smörjmedelsforskningslaboratorium. Espoo, Finland.

Wilén, C. m.fl. 1984: Pelletization of straw. Proceedings of Bioenergy 84, Gothenburg. Volume III. London.

Vägtrafikförordningen.